



ISSN: 2447-3359

REVISTA DE GEOCIÊNCIAS DO NORDESTE

Northeast Geosciences Journal

v. 9, nº 2 (2023)

<https://doi.org/10.21680/2447-3359.2023v9n2ID32143>



Áreas de risco a alagamento e inundação na foz do rio Cachoeira, em Ilhéus (Bahia – Brasil)

Flooding and inundation risk areas at the mouth of the Cachoeira River in Ilhéus (Bahia – Brazil)

Gabriel Martinez Tolentino¹; Vinicius de Amorim Silva²; Marcelo Soares Teles Santos³; Gerson dos Santos Lisboa⁴; Sival Ribeiro de Sena⁵

¹ Universidade Federal do Sul da Bahia, Centro de Formação em Tecno-Ciências e Inovação (CFCTI), Ilhéus/BA, Brasil. Email: gabrielmartinez96@gmail.com

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2106-9555>

² Universidade Federal do Sul da Bahia, Centro de Formação em Tecno-Ciências e Inovação (CFCTI), Ilhéus/BA, Brasil. Email: vinicius@ufsb.edu.br

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5814-9199>

³ Universidade Federal do Sul da Bahia, Centro de Formação em Tecno-Ciências e Inovação (CFCTI), Ilhéus/BA, Brasil. Email: marcelostsantos@ufsb.edu.br

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7232-8844>

⁴ Universidade Federal de Goiás, Faculdade de Ciências e Tecnologia/Departamento de Engenharia de Transportes, Aparecida de Goiânia/GO, Brasil. Email: gersonlisboa@ufg.br

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9834-2441>

⁵ Universidade Federal do Sul da Bahia (UFSB), Centro de Formação em Ciências Agroflorestais (CFCaf), Ilhéus/BA, Brasil. E-mail: sivsennarb@gmail.com

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6659-8792>

Resumo: Fenômenos hidrometeorológicos têm sido cada vez mais recorrentes por conta do crescimento urbano que, por sua vez, impermeabiliza o solo, intensifica o escoamento superficial e aumenta o acúmulo de água na superfície. Esse trabalho objetivou mapear as áreas de risco a inundações e alagamentos na foz do Rio Cachoeira em Ilhéus – BA, em que estão localizados vários bairros que são atingidos por esses fenômenos naturais frequentes. Foi realizada uma análise espacial multicritério pelo método *Analytic Hierarchy Process (AHP)*, combinando-se covariáveis ambientais por Álgebra de mapas no software QGIS 3.26. O *RStudio* foi utilizado para elaborar gráficos. Foi possível identificar com os mapas e gráficos como cada covariável ambiental e suas respectivas classes estão distribuídas em cada classe de risco. Os resultados apontaram que mais de 75% da área está sujeita a riscos Moderado, Alto e Muito Alto, e que a Área Urbana está altamente inserida em zonas de Risco Muito Alto onde predominam relevo plano e manguezais. As informações geradas podem ser utilizadas pela Secretaria de Defesa Civil para nortear ações que minimizem os impactos negativos causados pelas inundações e alagamentos, como planos de ocupação, recuperação da mata ciliar, obras de drenagem, dentre outras alternativas.

Palavras-chave: Análise Espacial; Análise Multicritério; Desastres naturais.

Abstract: Hydrometeorological phenomena have been increasingly recurrent due to urban growth, since this waterproofs the soil, intensifies surface runoff, and increases the accumulation of water on the surface. This work aimed to map the areas at risk of flooding at the mouth of the Cachoeira River in Ilhéus - BA, where several neighborhoods are in its surroundings and are frequently affected by these natural phenomena. For this, a multicriteria spatial analysis was carried out using the Analytic Hierarchy Process (AHP) method, where environmental covariates were combined using map algebra in the QGIS 3.26 software. RStudio was used to create graphics. It was possible to identify with the maps and graphs how each environmental covariate and their respective classes are distributed in each risk class. The results showed that more than 75% of the area is subject to Moderate, High, and Very High risk, and that the Urban Area is highly inserted in Very High-Risk zones, where flat relief and mangroves predominate. The information generated can be used by the Secretariat of Civil Defense to guide actions that minimize the negative impacts caused by flooding, for example, occupation plans, recovery of riparian forest, drainage works, among other alternatives.

Keywords: Spatial Analysis; Multicriteria Analysis; Natural disasters.

Recebido: 11/04/2023; Aceito: 16/06/2023; Publicado: 21/08/2023.

1. Introdução

As inundações e os alagamentos são processos que ocorrem naturalmente em função das características ambientais de cada local (clima, pedologia, relevo, vegetação). Contudo, são agravados pela ocupação urbana não planejada (VESTENA; ALMEIDA; GESTER, 2020). Nas áreas litorâneas, os riscos de ocorrência de inundações são ainda maiores, especialmente devido às suas características de relevo predominantemente plano, e existe ainda a influência do nível do mar, cujo aumento pode acarretar diversos impactos tanto ambientais quanto socioeconômicos (TUCCI, 2012; SILVA et al., 2021).

Os alagamentos ocorrem quando há acúmulo de água na superfície de acordo com as características de relevo e impermeabilização do solo; em áreas urbanas são agravados em função da deficiência do sistema de drenagem (CASTRO et al., 2005; SILVA, 2015; DUARTE; SANTOS; CASTELHANO, 2021). Já as inundações estão relacionadas a eventos de precipitação, em que a vazão de um canal fluvial ultrapassa o seu leito maior e transborda sobre as planícies de inundações (CALDANA et al., 2018; SILVA; LAMMLE e PEREZ FILHO, 2021).

A foz do Rio Cachoeira é composta por áreas de Mata Atlântica e Manguezal, e ao longo dos anos esses ambientes foram reduzidos em decorrência da ocupação humana (SILVA, 2021; PATERNOSTRO et al., 2022). Vale destacar que os manguezais são ecossistemas naturalmente alagados onde ocorre a transição entre as águas continentais e oceânicas. Sua vegetação funciona como barreira natural contra fenômenos como as inundações e alagamentos (ENGELBRECHT et al., 2019; ALVES; GONÇALVES; NASCIMENTO, 2022).

A Mata Atlântica também tem uma função protetora importante por conferir estabilidade ao solo e diminuir volume do escoamento superficial. Consequentemente, ameniza os impactos causados pelas fortes chuvas (NETO, 2019; CALDEIRA; LIMA, 2020; VERÇOSA et al., 2023). A supressão desta vegetação representa um alto risco para a população, principalmente àqueles que habitam as margens dos rios. Dessa forma, a conservação desses ambientes torna-se crucial para a manutenção do equilíbrio entre os meios ambiental e socioeconômico (DOS SANTOS et al., 2020; NASCIMENTO, 2022; SANTOS et al., 2022).

A implementação de sistemas de drenagem eficientes auxilia na prevenção e mitigação de eventos de alagamentos e inundações (MENGE, 2017; CALDEIRA; LIMA, 2020; FERREIRA; REIS; OLIVEIRA, 2023). Todavia, a maioria das cidades brasileiras não possuem de drenagem eficientes e nem sempre realizam estudos de caracterização dos riscos em que se inserem, o que representa uma barreira para que haja uma intervenção efetiva com obras e sistemas para a mitigação desses fenômenos naturais, o que coloca ainda mais em risco a população (CREPANI et al., 2001; SILVA; NUNES, 2009; MANTINS; VAZ, 2015).

Em épocas de altas taxas de precipitação, a falta de um sistema de drenagem eficiente faz com que estes fenômenos hidrometeorológicos sejam mais intensos e duradouros, provocando prejuízos em diversas frentes, como na mobilidade, na acessibilidade, na qualidade de vida das pessoas, além de condicionarem proliferação de patógenos (CANUTO, 2021; FREITAS, 2022; JUNIOR, 2022).

Nas últimas décadas, as Geotecnologias têm ganhado destaque no que tange ao planejamento territorial e gestão ambiental (RIBEIRO; LIMA; SOUZA, 2017; BEVILACQUA, 2023). Mediante a integração das técnicas de geoprocessamento em Sistemas de Informações Geográficas (SIGs), é possível coletar, armazenar e processar dados, gerando assim respostas sobre determinado tipo de fenômeno que ocorre na área de estudo, tornando-se então, indispensáveis para o mapeamento de áreas de risco (MOURA, 2020; OLIVEIRA, 2022).

O mapeamento de áreas de risco permite identificar tanto os locais que não devem ser ocupados quanto os que já estão ocupados, com a definição da situação de risco em que se encontram (DE LIMA; DE SOUSA; 2023; SANTOS; SILVA; VITAL, 2023). Essas informações podem auxiliar no planejamento urbano por oferecerem embasamento para intervenções, como exemplo: implementação de sistemas de drenagem, conservação dos remanescentes vegetais, bem como a recuperação de mata ciliar.

O emprego da análise multicritério junto ao método AHP permitem gerar respostas para estudos complexos que envolvem muitas variáveis ambientais, como a do presente trabalho, e favorecem a tomada de decisões baseadas em conhecimento científico (SAATY, 1991; PIMENTA et al., 2019; PRUDENTE, 2019; MÁRIO; UACANEM, 2023).

Tendo em vista o exposto, o objetivo deste trabalho foi identificar as áreas expostas a risco de inundações e alagamentos, e como as características ambientais contribuem para tal problemática, no entorno da foz do Rio Cachoeira em Ilhéus, Bahia.

2. Metodologia

2.1. Área de estudo

A Foz do Rio Cachoeira está situada na Baía do Pontal, no município de Ilhéus, Bahia. Ao seu redor, estão localizadas os bairros Centro, Pontal, Banco da Vitória, Princesa Isabel, Nelson Costa, Teotônio Vilela e Av. Esperança, assim como ilustrado na Figura 1. A vegetação encontrada na área de estudo é uma mesclagem de Mata Atlântica e do Sistema Agroflorestal (SAF) Cabruca devido à forte influência da cacauicultura desenvolvida na região. Neste SAF, o cacau se desenvolve sob a sombra das árvores nativas da floresta original, e em virtude disso, é considerado um importante fator para a conservação da biodiversidade ao evitar que práticas de supressão vegetal sejam realizadas.

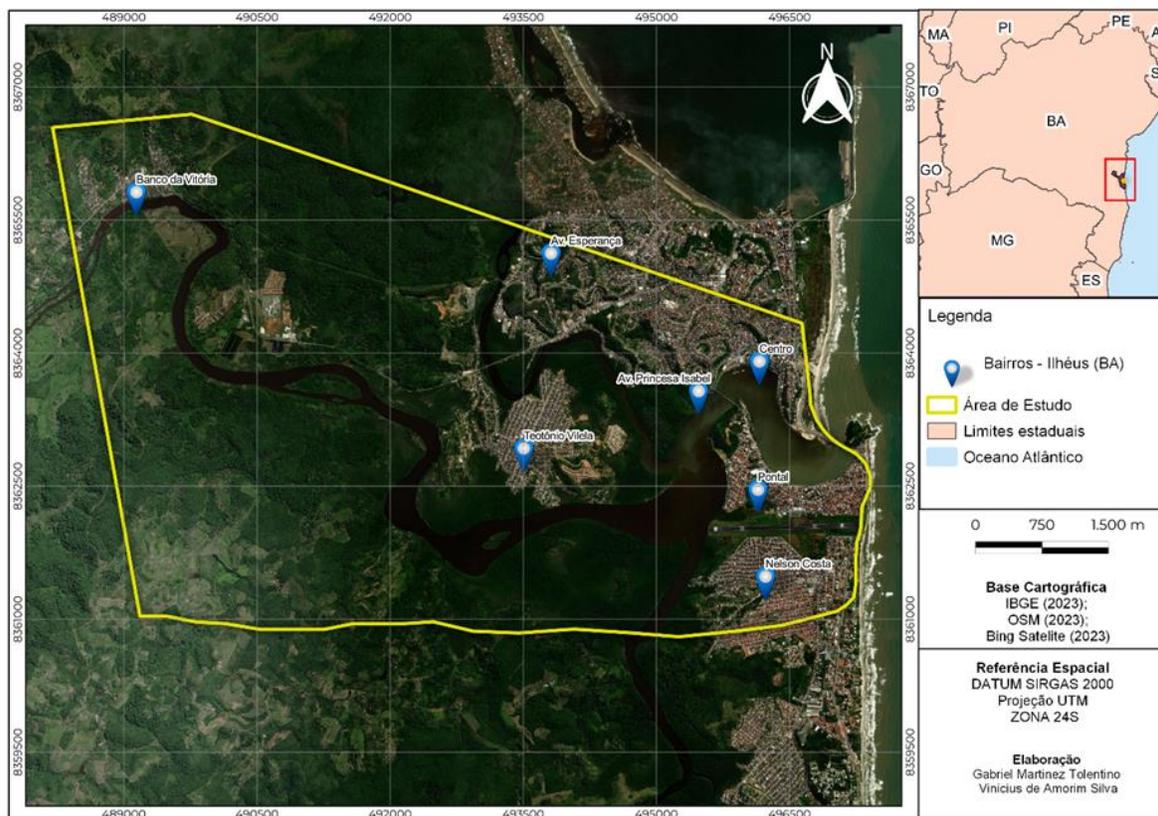


Figura 1 – Mapa de localização da Foz do Rio Cachoeira – BA.
Fonte: Os autores (2023).

2.2. Elaboração do banco de dados

O mapeamento de risco a inundação e alagamento foi realizado no software livre QGIS, versão 3.26, e o preparo do banco de dados foi efetuado em duas etapas. A primeira etapa consistiu na determinação do polígono que abrange a área de estudo, levando em conta os assentamentos humanos situados às margens da foz do Rio Cachoeira. A segunda etapa consistiu na montagem do banco de dados georreferenciados, contendo os elementos analisados neste trabalho.

De acordo com Mantis e Vaz (2019), os aspectos que têm maior influência nos estudos sobre riscos de alagamento e inundação são os geomorfológicos (altitude e declividade), de uso e ocupação da terra e pedológicos. Adotou-se também o fator pluviosidade, o qual diz respeito ao acúmulo de precipitação em determinado espaço de tempo, com influência na ocorrência e na intensidade destes eventos. Todos os dados utilizados neste estudo estão dispostos a saber:

- Mapa de Pedologia na escala de 1:250.000: adquirido por meio do Banco de Dados de Informações Ambientais (BDiA) do IBGE (2021);

- Mapa de altitude: oriundas do Modelo Digital de Terreno (MDT) da Agência Japonesa de Exploração Aeroespacial (JAXA), o Advanced Land Observing Satellite/Phased Array L-band Synthetic Aperture Radar (ALOS Palsar) com resolução espacial de 12,5 metros (JAXA, 2021);
- Mapas de declividade resultante do Mapa de altitude pela ferramenta Slope do QGIS.
- Mapa de Uso e Ocupação da terra: adquirido no banco de dados do MAPBIOMAS (2019) oriundos das imagens do sensor Operational Land Imager (OLI) do satélite Landsat 8, com resolução espacial de 30 metros;
- Mapa de Pluviosidade: elaborado a partir da interpolação dos dados da série histórica de precipitações médias anuais das estações pluviométricas no Município de Ilhéus, disponíveis no catálogo de metadados do Sistema Nacional de Informações sobre Recursos Hídricos (SNIRH), gerido pela Agência Nacional de Águas (ANA, 2021).

2.3. Análise multicritério de risco de inundação e alagamento

Após construído o banco de dados, realizou-se a análise multicritério para determinar os riscos a inundação e alagamento, de acordo com a metodologia Analytic Hierarchy Process (AHP) proposta por Saaty (1991), que estuda as interações entre os componentes de um sistema e seus impactos no sistema integrado.

A primeira fase da análise multicritério se deu na reclassificação dos mapas (covariáveis) em função das notas individuais em escala 0 a 10, de acordo com o risco que cada classe representa (por exemplo, nota “um” para floresta e nota “dez” para área urbana). O plano de informação de covariáveis utilizadas para a análise multicritério e mapeamento de risco de alagamentos e inundações estão ilustrados na Figura 2.

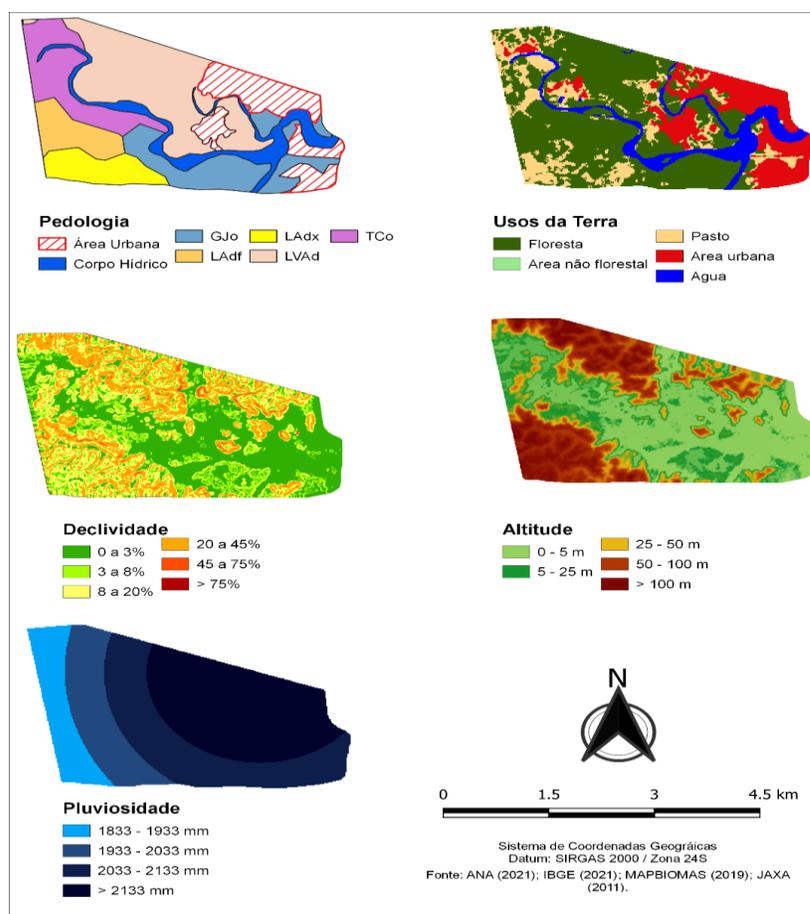


Figura 2 – Plano de informação de covariáveis.
Fonte: Os autores (2023).

Na camada de Pedologia, foram identificadas as classes de solo (Latossolo, Gleissolo, Luvisolo) e as classes Corpos d'Água e Área Urbana. Para as notas atribuídas para cada classe, levou-se em conta a umidade e drenagem característica de cada solo, fator que implica diretamente no risco de inundação e alagamento de determinado local (EMBRAPA, 2018). A nota que cada classe da camada Pedológica obteve está descrita na Tabela 1.

Tabela 1 – Notas atribuídas aos tipos pedológicos Pedologia

Pedologia	Notas
Latossolo	2
Gleissolo	6
Luvisolo	4
Area urbana	10
Corpo d'água	10

Tabela 2 – Notas atribuídas para as classes de relevo

Tipo de Relevo	Declividade (%)	Notas
Plano	0 – 3	10
Suavemente ondulado	3 – 8	9
Ondulado	8 – 12	5
Fortemente ondulado	20 – 45	3
Montanhoso	45 – 75	1
Forte montanhoso	> 75	1

Fonte: Os autores (2023).

Para as classes relevo plano e relevo suavemente ondulado foram atribuídas a nota 10 e 9, respectivamente. Para as classes de relevo intermediária como ondulado e fortemente ondulado foram atribuídas as notas 5 e 3, respectivamente. Já para as classes de relevo montanhoso e escarpado atribuiu-se a nota 1. As notas foram atribuídas levando em consideração a influência do relevo em eventos de alagamento e inundação, que são mais recorrentes e intensos em áreas de menor declividade.

O mapa de altitude foi reclassificado, e as notas atribuídas a cada intervalo de altitude estão detalhadas na Tabela 3. Atentando ao mesmo critério adotado para o mapa de declividade, áreas com altitudes mais baixas tendem a representar maior risco a inundações e alagamentos, principalmente pelo aumento no nível do mar.

Tabela 3 – Notas atribuídas para as classes de Altitude

Altitude (m)	Notas
0 – 5	10
5 a 25	7
25 a 50	3
50 a 100	2
> 100	1

Fonte: Os autores (2023).

Com relação ao mapa de Uso e Ocupação, dividido inicialmente nas classes Floresta, Pastagem, Área Urbana e Corpos d'água, para atribuir as notas de cada classe, o mapa precisou ser reclassificado, para que cada classe tenha um valor equivalente (Tabela 4) ao nível de risco que elas proporcionam para o problema das inundações e alagamentos.

Tabela 4 – Notas atribuídas para as classes de uso da terra

Classes de Uso	Notas
Floresta	1
Pastagem	7
Área Urbana	10
Corpos d'água	10

Fonte: Os autores (2023).

A nota atribuída a classe Área Urbana está interligada ao fato de esses locais possuírem pouca ou nenhuma permeabilidade, aumentando a probabilidade de alagamentos, risco que pode ser minimizado por meio de obras de drenagem. Quanto à nota conferida à classe Pastagem, isso se deve a permeabilidade reduzida pela compactação do solo causada pelo movimento bovino. Em relação ao alto valor atribuído a classe Corpos d'água, isso se deve ao fato de esta representar áreas naturalmente alagadas e que eventualmente estão sujeitas a eventos de inundação em seu entorno.

O mapa de Pluviosidade, variando de 1833 mm/ano até 2246 mm/ano na área de estudo, teve seus valores reclassificados utilizando a ferramenta *Reclass by table*, em que uma planilha é disposta para se inserir os intervalos dos valores que compõem os dados, e atribuir a estes um valor unitário que equivalerá a sua nota, ou seja, a sua força para provocar inundações e alagamentos.

Tabela 5 – Notas atribuídas para as classes de pluviosidade

Pluviosidade (mm/ano)	Nota
1833 – 1933	7
1933 – 2033	8
2033 – 2133	9
> 2133	10

Fonte: Os autores (2023).

Optou-se pela definição das classes de Pluviosidades com variações de 100 mm/ano, com as notas maiores atribuídas para as classes de maior pluviosidade.

A segunda fase do estudo consistiu na determinação dos pesos, os quais foram obtidos a partir da inserção dos fatores a uma matriz de comparação pareada; em cada par definiu-se a feição prevalente e o grau de prevalência variando de 1 a 9, assim como estabelecido por Saaty (1991). A descrição do que cada valor representa está disposto abaixo na Tabela 6, a saber:

Tabela 6 – Valores comparativos do método AHP

Escala de importância	Descrição
1	Mesma importância, ou seja, os fatores contribuem igualmente para o objetivo;
3	Importância pequena de um fator sobre o outro, favorecem ligeiramente o fator escolhido como prioritário.
5	Grande importância ou essencial, favorece fortemente o fator escolhido em relação ao outro.
7	Importância muito grande, favorece muito fortemente um fator em relação ao outro.
9	Importância absoluta, favorece um fator em relação ao outro com o mais alto grau de certeza.
2, 4, 6 e 8	Representam valores intermediários entre os valores adjacentes, empregado quando o julgador encontrar dificuldade para definir entre dois dos valores acima.

Fonte: Saaty (1991).

Dessa forma, a obtenção dos pesos se deu mediante a inserção dos valores comparativos em escala de importância na matriz AHP, demonstrado na Tabela 7 abaixo:

Tabela 7 – Matriz AHP

	Pedologia	Usos	Altitude	Declividade	Pluviosidade	Pesos
Pedologia	1	1/3	1/5	1/7	1/5	0,042
Uso da terra	3	1	1/3	1/5	1/4	0,100
Altitude	5	3	1	1/3	1/2	0,206
Declividade	7	5	3	1	3	0,397
Pluviosidade	5	4	2	1/3	1	0,258

Fonte: Os autores (2023).

Os pesos obtidos para o mapa de Pedologia foi de 0,042, para o mapa de Uso e Ocupação da terra foi de 0,1, enquanto ao mapa de Altitude o valor foi de 0,206. A Declividade e a Pluviosidade tiveram os pesos mais expressivos, de 0,397 e 0,258, respectivamente.

Após determinar as notas e os pesos, as variáveis foram processadas por meio da álgebra de mapas na *raster calculator* do QGIS, definida pela equação abaixo, onde o Risco à Alagamentos e Inundação (RiscoAI) é igual ao somatório dos produtos dos valores de cada camada por seus devidos pesos.

$$RiscoAI * = Solo \times 0,042 + Uso \times 0,1 + Altitude \times 0,206 + Declividade \times 0,397 + Pluviosidade \times 0,258$$

A camada gerada com a escala de risco variando de 1 a 10 foi reclassificada de acordo com a Tabela 8, a saber:

Tabela 8 – Classes de Risco e seus respectivos intervalos

Escala de Risco	Classe de Risco
1 – 3	Muito Baixo
3 – 5	Baixo
5 – 7	Moderado
7 – 9	Alto
9 – 10	Muito Alto

Fonte: Os autores (2023).

2.4 Elaboração dos gráficos em linguagem R

Os mapas das covariáveis e a camada resultante de risco de Alagamentos e Inundação foram empilhados em linguagem R versão 4.2.2 na interface do RStudio versão 2022.12.0.353, onde os atributos de cada camada (covariáveis e mapa final) foram transformadas em tabela (POSIT TEAM, 2022)

O *dataframe* passou por uma limpeza dos dados com o auxílio das funções do pacote *dplyr*, para então ser usado para elaborar os gráficos do tipo histograma, pelo pacote *ggplot2*. Para isso, todas as covariáveis (representadas em colunas) foram cruzadas com as informações referentes ao Risco a Alagamento e Inundações, para dessa forma visualizar de que forma cada classe de cada covariáveis se distribuem dentro das classes de risco.

Também se elaborou um histograma onde representou-se as classes de Uso da Terra, a frequência com que aparecem e estilizadas de acordo com o tipo de relevo em que elas se apresentam.

3. Resultados e discussão

De acordo com a Figura 3, as classes de risco mais elevadas se localizam próximo às margens da foz do Rio cachoeira, onde encontram-se as maiores manchas urbanas e que se enquadram como áreas de risco Alto e Muito Alto, a exemplo do bairro do Teotônio Vilela, Pontal, Nelson Costa, Banco da Vitória, e boa parte do Centro. A maior parte desses bairros estão inteiramente localizados em área de manguezal e tem crescido aceleradamente nas últimas décadas, como é o caso do Teotônio Vilela, causando a supressão desses ecossistemas e aumentando a susceptibilidade de Alagamentos e Inundações nestas áreas.

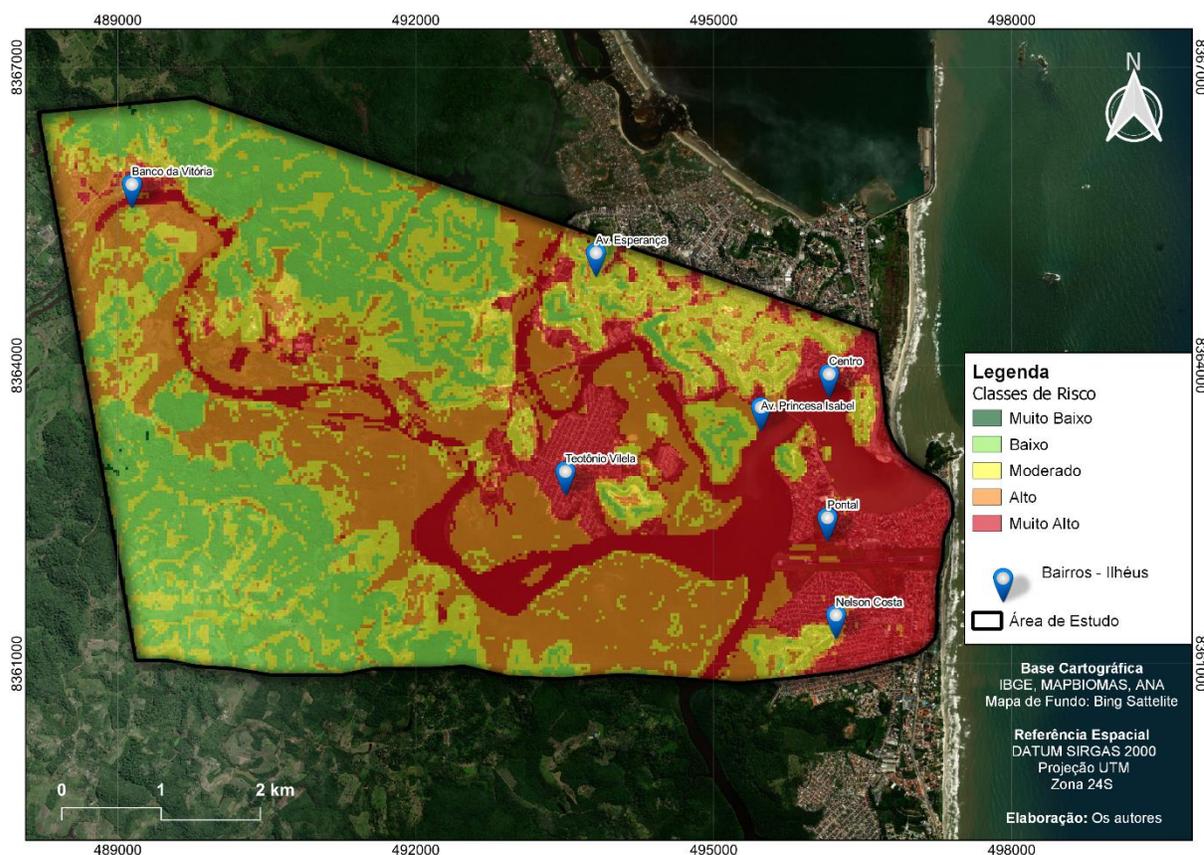


Figura 3 – Mapa de Risco a Inundação e Alagamentos na Foz do Rio Cachoeira.
 Fonte: Os autores (2023).

Vale ressaltar que a população já tem sofrido com eventos de alagamentos e inundações do Rio Cachoeira. Destaca-se o ano de 2021, em que a chuva alagou a cidade e deixou diversas localidades ilhadas, pessoas desabrigadas e desalojadas, prejudicou a mobilidade urbana e provocou mortes. Como a área de estudo está situada em uma região costeira, existe o risco de um aumento no nível do mar, o que intensificaria ainda mais os processos hidrometeorológicos.

Na Tabela 9, apresenta-se os resultados das relações de áreas para cada classe de risco, onde identificou-se que apenas 0,04% da área de estudo (equivalente a 20 m²) está enquadrada na classe de risco Muito Baixo. Para a classe de risco Baixo, calculou-se 23,34%. Subsequentemente, o mapeamento também mostrou que 24,69% da área enquadra-se na classe de risco Moderado, 23,12% em risco Muito Alto, e a maior parte da área está susceptível a um Alto risco, equivalente a 28,31%.

Tabela 9 – Relação de áreas de cada classe de risco

Classes de Risco	Área (km ²)	Área (há)	Percentual
Muito Baixo	0,02	1,53	0,04%
Baixo	9,12	911,58	23,34%
Moderado	9,64	964,40	24,69%
Alto	11,25	1125,46	28,81%
Muito Alto	9,03	903,22	23,12%
Total	39,06	3906,19	100%

Fonte: Os autores (2023).

Em um aspecto geral, mostra-se na Tabela 9 que apenas 23,38% da área não está gravemente susceptível a sofrer com alagamentos ou inundações, enquanto 76,62% estão associadas a uma situação de risco Moderado, Alto ou Muito Alto.

O conjunto de histogramas ilustrado na Figura 3 mostra como as classes em cada covariável se distribuem dentro de cada grau de risco mapeado na área de estudo. Dessa forma, é possível visualizar no histograma (1) e (4) que as áreas com relevo plano e baixas altitudes estão predominantemente distribuídas em locais com risco Alto e Muito Alto de susceptibilidade a inundarem e/ou alagarem.

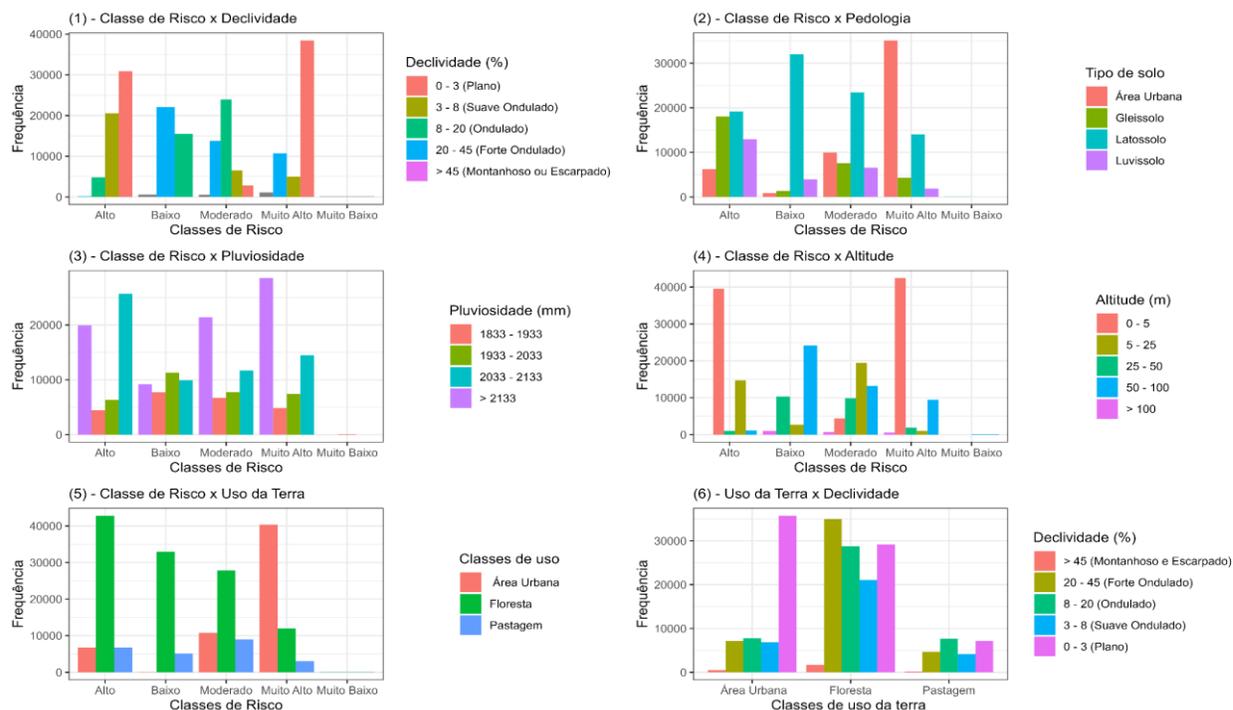


Figura 4 – Historiogramas das covariáveis e variável resposta.

Fonte: Os autores (2023).

Semelhante situação acontece com as classes de uso Área Urbana do histograma (5), que está majoritariamente localizada em zonas de risco Muito Alto. Nota-se também que a classe de uso de vegetação está amplamente inserida em áreas de risco Alto, o que pode ser atribuído ao fato de serem localizadas em relevos planos e próximas aos rios, como é o caso dos remanescentes de manguezais e matas ciliares.

Para a covariável solo, é possível identificar que existe uma frequência entre 10000 – 20000 para as classes pedológicas Gleissolo, Latossolo e Luvissole localizadas em zonas de risco Alto. Mesmo assim, existe uma predominância do Latossolo em áreas de risco Baixo, fato que pode estar atrelado à influência de outros aspectos ambientais, como a presença de vegetação.

Vale ressaltar que a ação absorviva das raízes confere à vegetação uma função importante na contenção de alagamentos e inundação devido à proteção natural das folhas, que detêm parte da água pluvial em suas superfícies, favorecendo a evapotranspiração e diminuindo o escoamento superficial e os processos erosivos (GUERRA, 2012; TUCCI, 2012; KÖNIG, 2022).

Observando o último histograma (6), é possível identificar a forma como as classes de Uso da Terra se distribuem em cada tipo de relevo encontrado na área. Nesse sentido, constata-se que a classe de Área Urbana está densamente inserida em áreas de relevo plano, que são áreas altamente susceptíveis às inundações (próximo as margens) e alagamentos. Essas áreas se concentram, em boa parte das vezes, no entorno do rio, e a população Ilheense ao longo dos anos se desenvolveu nestas redondezas, provocando a supressão das matas de galeria e manguezais.

Segundo os dados do Censo Demográfico (IBGE, 2023), em 1970 a população da cidade de Ilhéus contabilizava 108 mil habitantes, e no ano de 2022, as pesquisas estimam um número em torno de 200 mil habitantes. Ou seja, em 50 anos,

a população da cidade duplicou, com destaque para o bairro do Teotônio Vilela, que foi um dos que mais se desenvolveram ao longo dos anos, e está quase que inteiramente distribuído em uma área que no passado era ocupada pelo manguezal. Além do Teotônio Vilela, outros bairros estão inseridos na mesma situação e, como mapeado, estão sujeitos a sofrerem com as chuvas que vêm aumentando a cada ano.

4. Considerações finais

Foi possível identificar as áreas de risco a inundações e alagamentos no entorno da foz do Rio Cachoeira/BA, avaliar os elementos que compõem a área de estudo, e de que forma eles influenciam nas classes de risco. Os resultados encontrados mostram que as áreas de relevo plano e impermeabilizadas pelo desenvolvimento urbano apresentam valores de risco maiores, enquanto locais com relevo mais acentuado e com a presença de vegetação estão integradas em quadros de risco baixo.

As informações oriundas do mapeamento e dos gráficos mostraram que a área urbana está em maior parte inserida em áreas de relevo plano, próximas ao Rio, em locais onde naturalmente se desenvolvem os manguezais, os quais foram suprimidos ao longo dos anos. Vale ressaltar que os manguezais são ambientes naturalmente alagados e que amortecem os efeitos provocados pelos fenômenos naturais, e a remoção deles implica maior impacto à população que se encontra às adjacências.

Vale ressaltar que este trabalho pode ser atualizado ao longo dos anos em virtude das alterações que ocorram no uso da terra, desde a supressão da vegetação nativa, como também a impermeabilização do solo ocasionada pelos processos do crescimento urbano, os quais são uma realidade no município de Ilhéus.

Agradecimentos

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPQ) pelo financiamento via Projeto Universal, Processo n.409304/2021-2.

À Universidade Federal do Sul da Bahia por disponibilizar bolsa de Iniciação Científica para um dos autores.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pela concessão de bolsa de pós-graduação a um dos autores.

Referências

- ALVES, J. E.; GONÇALVES, T. S.; NASCIMENTO, S. A. M. *Precipitação na Bacia Hidrográfica do Rio Cachoeira, Nordeste do Brasil: tendências e variabilidade (1970-2020)*. Boletim do Museu Paraense Emílio Goeldi-Ciências Naturais, v. 17, n. 2, p. 527-542, 2022.
- BEVILACQUA, L. A. H. *Análise da fragilidade ambiental da microbacia do Ceveiro (Piracicaba, SP)*. 2023.
- CALDANA, N. F. S.; JUNIOR, G. M. Y.; de Moura, D. A. V.; da Costa, A. B. F.; CARAMORI, P. H. *Ocorrências de alagamentos, enxurradas e inundações e a variabilidade pluviométrica na bacia hidrográfica do rio Iguaçu*. Revista Brasileira de Climatologia, [S.l.], v. 23, nov. 2018. ISSN 2237-8642. Disponível em: <<https://revistas.ufpr.br/revistaabclima/article/view/60584>>. Acesso em: 20 jul. 2021. doi:<http://dx.doi.org/10.5380/abclima.v23i0.60584>.
- CALDEIRA, L. A. C.; LIMA, D. P. *Drenagem urbana: uma revisão de literatura*. Engineering Sciences, v. 8, n. 2, p. 1-9, 2020.
- CANUTO, A. R. *Alagamento urbano na cidade de Fortaleza: causas, efeitos e solução—um estudo de caso da avenida Heráclito Graça*. 2021.
- CREPANI, E.; MEDEIROS, JS; AZEVEDO, LGDE. FILHO, PH; FLORENZANO, TG; DUARTE, V. BARBOSA, CCF. *Sensoriamento remoto e geoprocessamento aplicados ao zoneamento ecológico-econômico e ao ordenamento territorial*. São José dos Campos: INPE, 2001.

- DE LIMA, E. R. V.; DE SOUSA, M. de F. B. *Proposta Metodológica de Avaliação da Suscetibilidade à Degradação Ambiental*. 2023.
- DOS SANTOS, L. D.; SCHLINDWEIN, S. L.; FANTINI, A. C.; HENKES, J. A.; BELDERRAIN, M. C. N. *Dinâmica do desmatamento da Mata Atlântica: causas e consequências*. Revista Gestão & Sustentabilidade Ambiental, v. 9, n. 3, p. 378-402, 2020.
- DUARTE, T. L. S.; SANTOS, G. C.; CASTELHANO, F. J. *Eventos de chuvas extremas associados aos riscos de inundações e de alagamentos em Aracaju, Sergipe*. GEOSABERES: Revista de Estudos Geoeeducacionais, v. 12, p. 256-273, 2021.
- EMBRAPA. Empresa Brasileira de pesquisa Agropecuária. Centro Nacional de Pesquisa de Solos (Rio de Janeiro, RJ). *Sistema brasileiro de classificação de solos*. 2. ed. – Rio de Janeiro: EMBRAPA-SPI, 2018. (A1505).
- ENGELBRECHT, B. Z.; GONÇALVES, R. D.; TERAMOTO, E. H.; CHANG, H. K. *Disponibilidade hídrica e balanço hídrico da Bacia do Rio Cachoeira na região de Itabuna/BA*. Geosciences= Geociências, v. 38, n. 3, p. 731-740, 2019.
- FREITAS, S. P. D. *Levantamento da ocorrência de doenças de veiculação hídrica e sua relação com zonas alagadas no período chuvoso no município de Itacoatiara-AM*. 2022.
- FERREIRA, J.; REIS, S. S.; OLIVEIRA, L. L. D. *Drenagem urbana sustentável: análise em uma microbacia densamente urbanizada*. Revista Brasileira de Meio Ambiente & Sustentabilidade, v. 3, n. 1, p. 108-135, 2023.
- Guerra, A.J.T.; Marçal, M. S. *Geomorfologia Ambiental*. Bertrand Brasil Press, Rio de Janeiro, 189p, 5ª edição, Rio de Janeiro, 2012.
- JAXA – Japan Aerospace Exploration Agency, 2021. About Advanced Land Observing Satellite “DAICHI” (ALOS). Disponível em: <https://global.jaxa.jp/projects/sat/alos/index.html>. Acesso em: 17 jan, 2021.
- KÖNIG, D. *Avaliação de suscetibilidade a inundações bruscas/enxurradas na bacia do rio das pacas, Florianópolis, Brasil*. Boletim Paranaense de Geociências, v. 49, 2022.
- MÁRIO, C. C.; UACANEM, S. *Análise de riscos da inundação urbana na cidade da Beira-Moçambique*. Educamazônia-Educação, Sociedade e Meio Ambiente, v. 16, n. 1 jan-jun, p. 248-261, 2023.
- MOURA, L. F. S. *Uso do SIG na análise do risco a inundação no município de Itapipoca -CE*. 2020. 35f. Monografia (Bacharelado em Geografia) - Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2020.
- OLIVEIRA, T. S.; M et al. *Caracterização das nascentes na sub-bacia hidrográfica do rio dos Monos, Sudoeste da Bahia, Brasil*. CONJECTURAS, v. 22, p. 1413-1429, 2022.
- PATERNOSTRO, L G; FEITOSA, F. R. J; SILVA, J. G. J; HADDAD, H. C.; FRANCA, L. C. J.; LISBOA, G. S.; SILVA, V. A; MAGALHAES, R. S. *Cinco décadas de conflitos de uso e cobertura da superfície em áreas de preservação permanente no Rio Cachoeira, Sul da Bahia, Brasil*. Gaia Scientia, v. 16, p. 132-149, 2022.
- PIMENTA, L. B.; BELTRÃO, N. E. S.; GEMAQUE, A. M. D. S.; TAVARES, P. A. *Processo Analítico Hierárquico (AHP) em ambiente SIG: temáticas e aplicações voltadas à tomada de decisão utilizando critérios espaciais*. Interações (Campo Grande), v. 20, n. 2, p. 407–420, 5 jul. 2019.
- PRUDENTE, V. H. R.; VIEIRA, D. C.; SILVA, N. R. F.; OLIVEIRA, W. V., OLDONI, L. V.; ADAMI, M.; SANCHES, I.D. *Identificação de áreas aptas à instalação de unidades armazenadoras coletoras de cereais no estado do Rio Grande do Sul – Brasil*. Anais do xix simpósio brasileiro de sensoriamento remoto, 2019, Santos. Anais eletrônicos. São José dos Campos, INPE, 2019. Disponível em: <https://proceedings.science/sbsr-2019/trabalhos/identificacao-de-areas-aptas-a-instalacao-de-unidades-armazenadoras-coletoras-de?lang=en>. Acesso em: 06 abr. 2023.
- RIBEIRO, C. A. A. S.; LIMA, C. A.; SOUZA, M. O. A. *Geotecnologias aplicadas à gestão ambiental*. Revista Diversidade e Gestão, v. 1, n. 1, p. 57-69, 2017.

-
- SAATY, T. L. *Método de Análise Hierárquica*. Makron Books do Brasil Editora Ltda. e Editora McGraw- Hill do Brasil, Rio de Janeiro-RJ, 1991. 367p.
- SANTOS, C. L.; SILVA, O. G.; VITAL, S. R. O. *Mapeamento de Áreas de Risco Associadas ao Carste em Área Urbana no Município de João Pessoa-PB*. Sociedade & Natureza, v. 34, 2023.
- SANTOS, F. N.; RAIMUNDO, L. A.; OLIVEIRA, V. P.; JUNIOR, W. P. L.; CARVALHO, K. S.; SÁ-NETO, R. J. *Avaliação da produção científica sobre a proteção ao desmatamento em unidades de conservação no período de 1980 a 2020*. Evento Integrado: Educação, Ciência e Sociedade, p. 58, 2022.
- SILVA, C. A. dá; NUNES, F. de P. Mapeamento de vulnerabilidade ambiental utilizando o método AHP: uma análise integrada para suporte à decisão no município de Pacoti/CE. In: XIV Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, Natal, Brasil, 25-30 abril 2009, INPE, Anais..., p. 5435-5442.
- SILVA, K. B. Abordagem geográfica para valoração de recurso hídrico baseado em características sistêmicas da bacia hidrográfica do rio Cachoeira, Bahia-Brasil. 2021.
- SILVA, R.P. *Caracterização da situação das áreas de risco a inundação e alagamento no entorno do dique da cidade de Porto Murtinho – MS*. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, 2015.
- SILVA, V. A.; LAMMLE, L.; FILHO, A. P. *Alterações no Baixo Curso do Rio Jequitinhonha e seus Impactos Geomorfológicos no Delta: o caso da Usina Hidrelétrica de Itapebi, Bahia, Brasil*. REVISTA BRASILEIRA DE GEOGRAFIA FÍSICA., v.14, p.2840 - 2850, 2021.
- VERÇOSA, J. P. S.; SILVA, F. H. S.; TAVARES, A. C. F.; ALMEIDA, H. R. R. D. C.; SILVA, W. D. O. *Análise e Cobertura Florestal no Bioma Mata Atlântica do Estado de Alagoas utilizando Sensoriamento Remoto*. Diversitas Journal, v. 8, n. 1, 2023.
- VESTENA, L. R.; ALMEIDA, D. E. F.; GEFFER, E. *Análise espacial e temporal da distribuição dos alagamentos e inundações na cidade de Guarapuava, Paraná*. Braz. J. of Develop., Curitiba, v. 6, n. 5, p. 24923-2494, mai. 2020.
- POSIT TEAM. RStudio: Integrated Development Environment for R. Posit Software, PBC, Boston, MA. 2022. Disponível em: <<http://www.posit.co/>>.