PROPOSIÇÃO DE LIMIARES DE CHUVA COM BASE NO HISTÓRICO DE NOTIFICAÇÕES DE INUNDAÇÃO, ALAGAMENTO E DESLIZAMENTO DE TERRA EM ILHÉUS - BA

Thiago Nogueira de Cerqueira Santos [1] ; Gabriela Oliveira Pedreira Martins [2]; Naiah Caroline Rodrigues de Souza [3] ;Matheus Silva de Azevêdo[4]; Camilla Maria Torres Pinto[5];Janaina Maria Oliveira de Assis [6] & Andrea Sousa Fontes[7]

RESUMO – Esse trabalho tem como objetivo propor limiares de chuva que causam inundação, alagamento e deslizamento de terra em Ilhéus-BA. A metodologia consistiu no cruzamento de dados diários de precipitação do Cemaden das estações Conquista e Malhado, com notificações da Defesa Civil registradas entre janeiro e agosto de 2024. Para correlacionar o volume de chuva à frequência de ocorrências diárias, foi utilizada a técnica estatística de percentis (P80 a P95). Os resultados estabeleceram três níveis operacionais: Estado de Atenção (20mm), correspondente ao intervalo de 10 a 13 notificações; Estado de Alerta (50mm), com o intervalo de 14 a 18 notificações; e Estado de Perigo (100mm), patamar em que as notificações podem atingir cerca de 40 registros diários. A análise demonstrou que o aumento das notificações acompanha a intensidade da precipitação, validando as percepções de campo da Defesa Civil local. Como conclusões, verificou-se que a sistematização desses registros é uma importante etapa para o aprimoramento de estratégias de mitigação e preparação municipal diante de eventos climáticos extremos, permitindo a proteção mais eficaz de áreas vulneráveis na medida em que fortalece o conhecimento do risco, um dos pilares estruturantes de um sistema de alerta precoce.

ABSTRACT– The objective of this study is to determine the precipitation thresholds that cause flooding, waterlogging, and landslides in Ilhéus, Bahia. The methodology involved cross-referencing daily precipitation data from Cemaden, at the Conquista and Malhado stations, with Civil Protection reports recorded between January and August 2024. To correlate precipitation volume with the frequency of daily occurrences, the statistical technique of percentiles (P80 to P95) was used. The results established three operational levels: Watch (20 mm), corresponding to 10–13 reports; Alert (50 mm), with 14–18.4 reports; and Danger (100 mm), a threshold at which reports can reach approximately 40 daily records. The analysis demonstrated that the increase in notifications correlates with precipitation intensity, scientifically validating the field observations of the local Civil Defense. In conclusion, it was found that the systematization of these records is an important step toward improving municipal mitigation and preparedness strategies for extreme weather events, enabling more effective protection of vulnerable areas.

[1]) Graduando em Engenharia Sanitária e Ambiental pela UFBA, Salvador, Bahia. Email: thiagonogueira@ufba.br
[2]) Graduanda em Engenharia Sanitária e Ambiental pela UFBA, Salvador, Bahia. Email: gabrielapedreira@ufba.br
[3]) Doutoranda do Programa de Pós-graduação em Energia e Ambiente – PPGENAM/UFBA, Salvador, Bahia. Email: naih.carol@gmail.com
[4]) Mestrando Programa de Pós-graduação em Meio Ambiente, Águas e Saneamento - MAASA/UFBA, Salvador, Bahia. Email: azevedo.m@ufba.br
[5]) Professora do Departamento de Engenharias e Computação - DEC/UESC, Ilhéus, Bahia, Email: c.camillamaria@gmail.com
[6]) Pesquisadora da Universidade Federal do Oeste da Bahia,Barreiras, Bahia. Email: jmoassis@gmail.com
[7]) Professora do Programa de Pós-graduação em Meio Ambiente, Águas e Saneamento - MAASA/UFBA, Salvador, Bahia. Email: asfontes@ufba.br

Palavras-Chave – Notificação, Limiares, Chuvas intensas.

INTRODUÇÃO

A ocupação do solo sem planejamento surge como consequência da expansão acelerada dos centros urbanos, sendo caracterizada pelo crescimento de habitações em áreas ambientalmente frágeis e inadequadas para moradia, tais como encostas, margens de rios, fundos de vale e outras regiões suscetíveis a processos naturais adversos (Martinez, 2024). Esse padrão de ocupação não planejada constitui um problema estrutural presente em diversas cidades brasileiras que, com urbanização acelerada e desordenada, registram maior número de ocorrências de desastres naturais (Caldana *et al*. 2018). Em conjunto com a defasagem no sistema de drenagem urbana, tal situação gera impactos desproporcionais nas periferias e áreas de pobreza urbana, evidenciando a interação entre risco, ocupação do solo e vulnerabilidade socioambiental (Caldana *et al*. 2018).

Nesse contexto, é importante destacar a atuação das mudanças climáticas no agravamento desses desastres, no qual já há consenso científico de que o aquecimento global está relacionado com o aumento do número e intensidade de eventos climáticos extremos. Sabe-se que as mudanças climáticas têm provocado perturbações na dinâmica do clima, resultando na ocorrência de eventos extremos cada vez mais frequentes e devastadores (IPCC, 2023). Dentre os eventos extremos, destacam-se as chuvas intensas que, de acordo com Tolentino *et al.* (2023), geram como consequência a ocorrência de inundações e alagamentos, estes que são processos naturais que dependem das características ambientais da região e que são agravadas pela ocupação urbana não planejada. Enquanto os alagamentos são associados a processos de acúmulo de água em determinados locais por ineficiência no sistema de drenagem, as inundações associadas a precipitação são causadas principalmente pela falta de drenagem e ocorrem com o transbordamento de um curso hídrico sobre sua área de várzea (muitas vezes ocupadas por construções humanas) (Caldana *et al*. 2018).

No Brasil, esta já é uma condição presente em diversas regiões do país, no qual, como argumentado por Aya (2025), esses eventos reforçam a tendência de que extremos climáticos estão deixando de ser exceções e se tornando parte de uma nova realidade da população. Eventos de chuva intensa vem sendo relatados em diferentes épocas, com recordes sendo superados consecutivamente, como por exemplo as enchentes históricas de 2024 no Rio Grande do Sul, que

trata-se do maior desastre natural da história do estado com impactos catastróficos e abrangentes, afetando milhões de pessoas e resultando em várias mortes (ANA, 2025; Marengo *et al.* 2024).

No sul da Bahia, destacam-se desafios recorrentes relacionados às inundações, que vêm impactando negativamente a região. O município de Ilhéus está inserido nesse contexto, tendo em vista que suas zonas de risco estão ligadas às condições do clima, relevo e solo que são agravados pela ocupação não planejada, pois áreas sem planejamento adequado de drenagem urbana e sem respeitar restrições ambientais tendem a apresentar maior incidência de alagamentos e inundações, como argumentado anteriormente (Santos & Baitz, 2017; Caldana et al., 2018). Ademais, segundo Tolentino et al (2023), enquanto as inundações podem ser agravadas pelas características de relevo plano e a influência do nível do mar em Ilhéus, os alagamentos podem se intensificar devido à impermeabilização do solo e a deficiência do sistema de drenagem urbana da região.

Torna-se, assim, necessário o desenvolvimento de estratégias para o enfrentamento e mitigação dos impactos de desastres, destacando-se não somente propostas estruturais como melhorias habitacionais, construção de alojamentos/centros comunitários e contenções de encostas, mas também medidas não-estruturais para o controle de enchentes e inundações como o uso de alertas de chuva para a população (Monteiro & Kobiyama, 2013) .

Dessa forma, o objetivo deste trabalho foi propor limiares de chuva que causam inundação, alagamento e deslizamento de terra em Ilhéus-BA por meio do cruzamento dos dados de precipitação e histórico de notificações registradas pela Defesa Civil do município no ano de 2024. Espera-se, assim, contribuir com a gestão de risco e desastres e subsidiar o desenvolvimento de um sistema de alerta dinâmico para a cidade.

MATERIAIS E MÉTODOS

A região de estudo fica localizada ao sul do estado da Bahia, na área urbana do município de Ilhéus (Figura 1). Este no qual, de acordo com o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) (2025), possui área territorial de 1.588,556 km² e população estimada de 189.149 pessoas. Ademais, seu clima regional se caracteriza pelo tipo Af, um clima tropical chuvoso de floresta sem estação seca com pluviometria anual com concentração de chuva entre dezembro e março, com média mensal superior a 60 mm e anual superior a 1500mm (SEI, 2026; Santos & Baitz, 2017).

O município é marcado pela presença de relevo acidentado, ocupações em encostas e margens de inundação, com problemas recorrentes associados a enchentes, alagamentos, inundações e deslizamentos de terra. No que tange a notificações de ocorrências registradas por

bairro em 2024 pela defesa civil, foram contabilizadas cerca de 904 ocorrências, segundo Santos, *et al,* (2026), que pode ser observado no mapa disposto na Figura 1

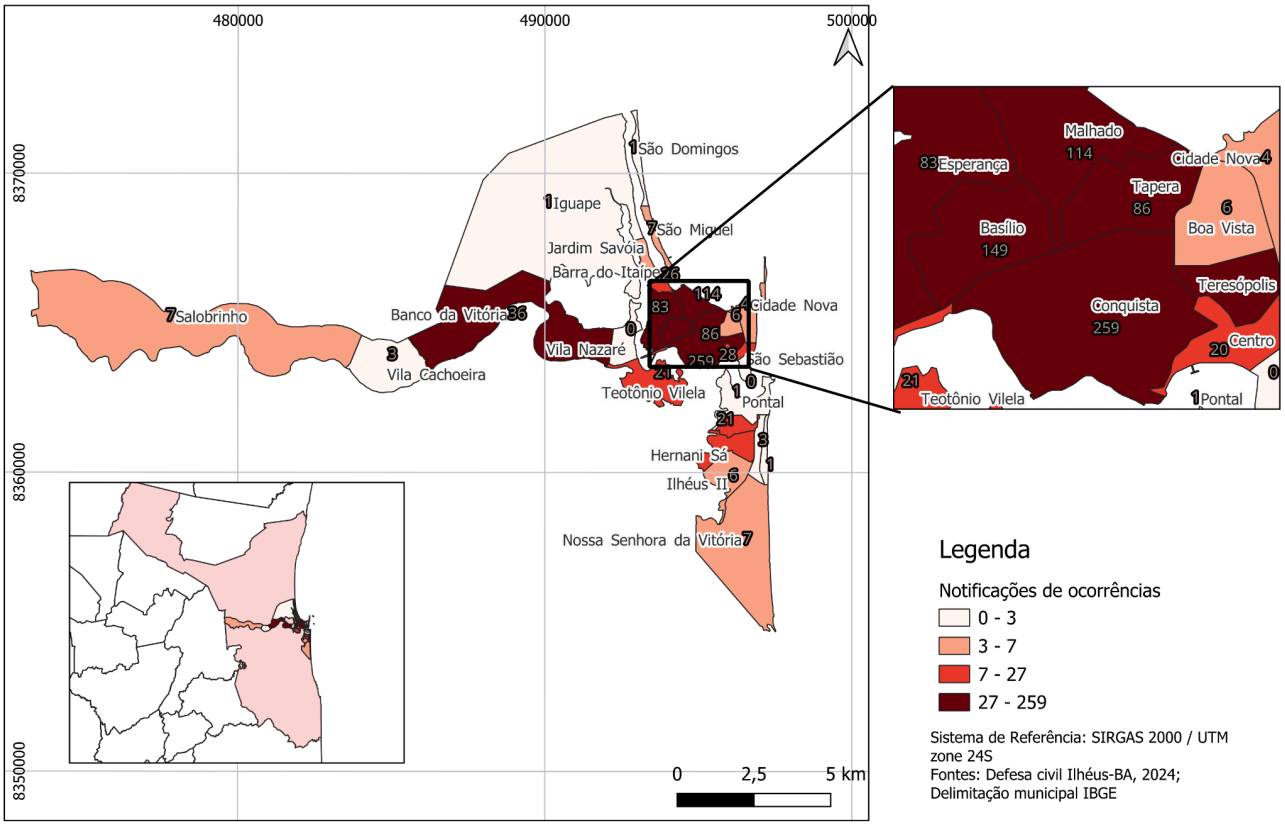


Figura 1 - Mapa do município de Ilhéus, bairros, região urbana e número de notificações de ocorrências por bairro em 2024

Fonte: Autores, 2026

A metodologia utilizada neste trabalho foi feita através das seguintes etapas:

1. **Obtenção de dados**

A análise feita neste artigo utilizou dados diários de precipitação no período do ano de 2024 obtidos através do banco de dados do Centro nacional de monitoramento de alertas de desastres naturais (Cemaden) referentes às estações de Conquista (código: 291360601A e localização: [-14.796] [-39.045]) e Malhado (código:291360602A e localização: [-14,788] [-39,048]).

Os dados de notificações de ocorrências registradas foram fornecidos pela Defesa civil de Ilhéus através de uma planilha que consta informações como: data, nome, telefone, local, bairro, ponto de referência, zona, tipo de ocorrência, status, execução e equipe responsável. A partir disso, foi possível identificar e contabilizar quantas notificações foram feitas por dia durante o período analisado.

2. **Organização da planilha de limiares**

Com o intuito de otimizar os dados e utilizar apenas os meses mais significativos para a análise dos limiares, estabeleceu-se o período de janeiro a agosto de 2024, considerando que, de acordo com Santos, *et al* (2026), neste ano, os meses mais chuvosos também foram os meses que houveram maior quantidade de notificações de ocorrências, destacando-se os meses de janeiro, fevereiro e abril.

Após o filtro, os eventos de chuva foram organizados em intervalos de escala diária e, em seguida, a quantidade de notificações de ocorrências por dia foi adicionada em paralelo com os dados de chuva diária. Esta etapa pode ser melhor visualizada através da Figura 2.

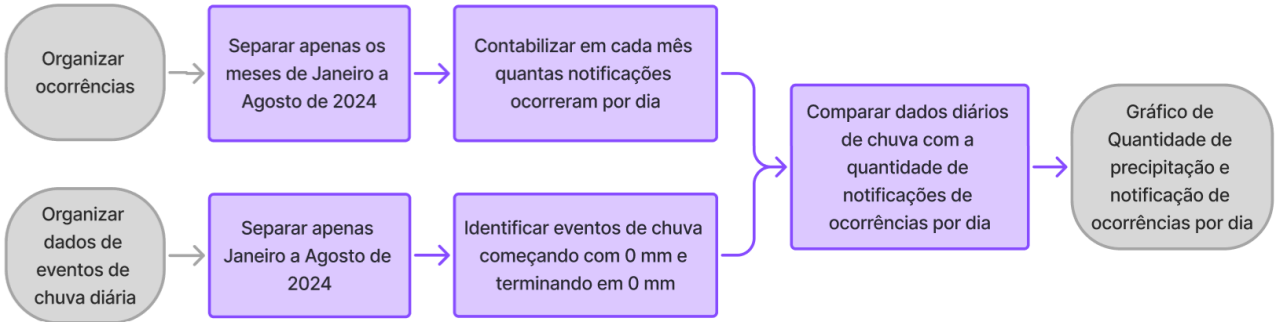


Figura 2 - Fluxograma da sistematização e caracterização dos dados

Fonte: Autores, 2026

3. Estatística paramétrica - percentis

Para auxiliar na definição dos limiares, aplicou-se o método dos percentis na comparação entre os dados de precipitação da estação de Conquista que registra a maior quantidade de chuva e os de quantidade de notificações. Este método trata-se de uma medida de posição não central utilizada na estatística descritiva para dividir um conjunto de dados, previamente ordenados de forma crescente, em cem partes iguais, permitindo identificar a posição relativa de uma observação em relação ao restante da amostra (Morettin, 2020).

O uso dos percentis consistiu em ordenar e agrupar a quantidade de notificações em faixas específicas de frequência acumulada, focando nos intervalos entre os P80 e P95, como pode ser observado na Figura 4. A partir do mapeamento dessas faixas, análise gráfica visual e da comparação estatística com os dados de precipitação, verificou-se qual foi a menor quantidade de chuva que causou impacto para cada intervalo de notificações, de acordo com a Tabela 1.

RESULTADOS

Em decorrência dos dados disponibilizados pela Defesa Civil serem limitados ao ano de 2024, a análise deste trabalho focou em discretizar o máximo possível esse intervalo de tempo entre os meses de Janeiro e Agosto para cumprir seu objetivo de definir os limiares de chuva que causam desastre.

O gráfico da Figura 3 foi gerado a partir das informações da quantidade de chuva captada pelas estações de Conquista e Malhado e também a quantidade de notificações ocorridas em cada dia no período analisado. Seus eixos verticais foram divididos entre o esquerdo (precipitação) e direito (notificação de ocorrências) para melhor visualização e comparação entre as variáveis. Nota-se, por exemplo, que apesar de haver notificações distribuídas todos os dias, o número de notificações começa a aumentar para valores de precipitação acima de 10 mm.

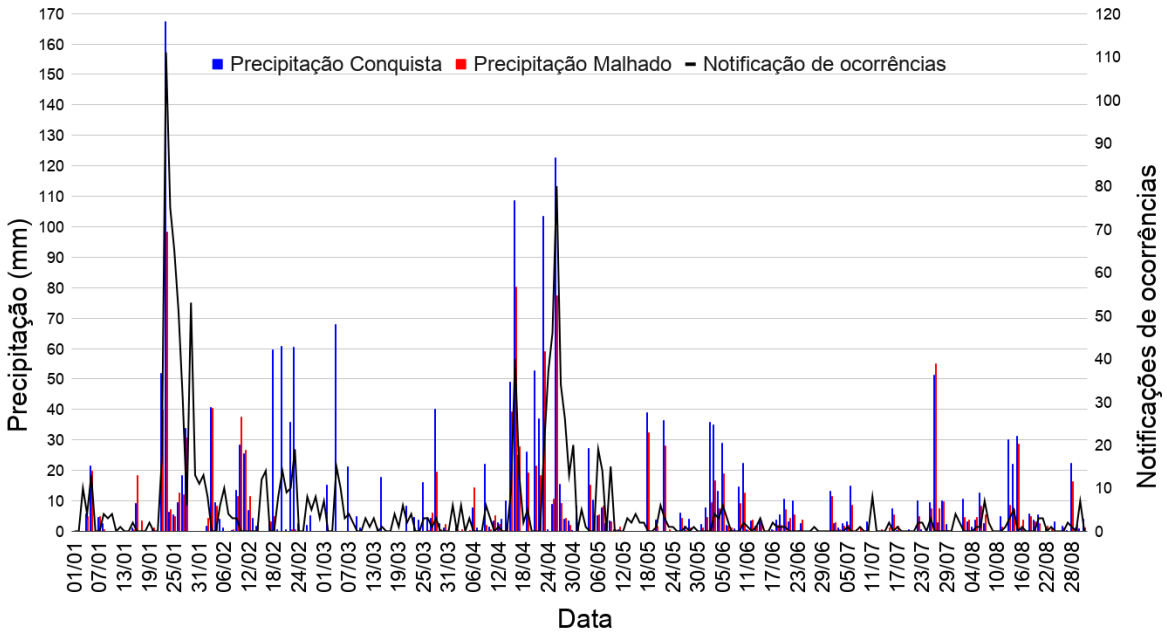


Figura 3 - Quantidade de precipitação e notificação de ocorrências por data de janeiro a agosto de 2024

Fonte: Autores, 2026

A Figura 3 reforça o fato de que os meses mais chuvosos também são os meses com maior quantidade de notificações de ocorrências, destacando-se no período analisado os meses de janeiro e abril. Entretanto, ao observar os dados numa escala diária como está sendo feito nesta figura, percebe-se que a relação entre a quantidade precipitada e a quantidade de notificações não é direta ou linear, tendo em vista que há dias em que há notificações de ocorrências, mas não choveu e vice-versa. Além disso, em alguns casos, nota-se que as notificações acontecem após o período chuvoso.

Diante desse cenário, tornou-se necessário utilizar do método estatístico de percentis aplicado à quantidade de notificações de ocorrências para, em conjunto com a análise visual da Figura 3 e referências como o Instituto Nacional de Meteorologia (INMET), melhor definir os limiares de chuva que causam desastre. Dessa forma, foi construído o gráfico destacado na Figura 4 com os percentis utilizando os dados de chuva da estação de Conquista. Pode-se perceber que há uma maior distribuição dos dados na lateral direita, concentrados entre os valores do percentil 80 a 100, uma vez que o aumento do número de notificações acompanha o aumento da quantidade de precipitação.

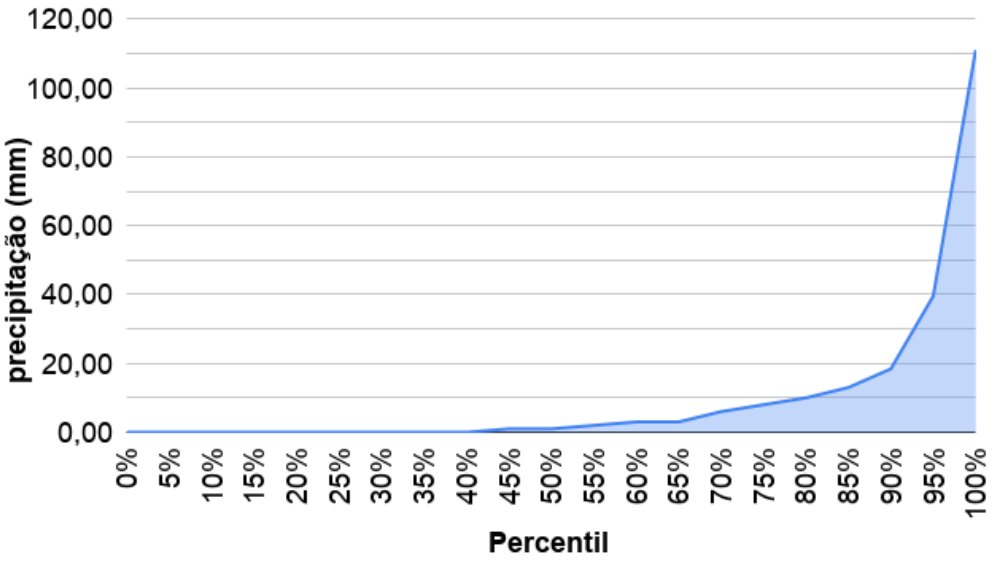


Figura 4 - Gráfico dos percentis representando o número de notificações versus a quantidade de precipitação

Fonte: Autores, 2026

Os percentis de P80, P85, P90 e P95 foram utilizados para comparação entre número de notificações em intervalo de percentis e a quantidade de chuva, permitindo associar cada fração estatística a um gatilho operacional específico da Defesa Civil (Atenção, Alerta e Perigo), como pode ser observado na Tabela 1.

A classificação dos limiares em faixas de atenção, alerta e perigo foi utilizada em conformidade com o que já é feito pela Defesa Civil, tanto de Ilhéus quanto de outras regiões do país, no que tange aos alertas de chuva à população e, adicionalmente, o que é utilizado pelo INMET em seus avisos de eventos meteorológicos severos.

Tabela 1 - Limiar de chuva

Percentil	Notificação	Limiar de chuva (mm)	Estado
P80 a P85	10 a 13	20	Atenção
P85 a P90	14 a 18,4	50	Alerta
P90 a P95	20 a 39,6	100	Perigo

Fonte: Autores, 2026

Os limiares de chuva foram propostos observando-se qual foi a menor quantidade de chuva que causou impacto para cada intervalo de notificações, dividindo-os em três níveis de perigo.

O primeiro nível, ou seja, o limiar mínimo de precipitação a ser considerado é o de 20mm, correspondente ao estado de atenção. Na faixa inicial de P80 a P85 o volume de notificações apresentou uma variação estreita e controlada de 10 a 13, o que caracterizou o limiar de 20 mm como o ponto de partida para perturbações na população. Cabe destacar que os resultados do presente estudo confirmaram o que já é considerado pela população e pela Defesa Civil de Ilhéus como premissa para começar a agir em locais mais vulneráveis.

Em relação ao segundo nível, o limiar foi definido em 50 mm, representando o mínimo de chuva para o estado de alerta, como pode ser observado na Figura 3 e 4, considerando-se que seria o momento da transição para os intervalos de P85 e P90. Neste cenário, recomenda-se que a Defesa Civil já esteja a postos para lidar diretamente com as consequências do evento e as pessoas, principalmente aquelas que vivem em áreas consideradas de risco, comunicados devem ser emitidos para que elas fiquem atentas à situação e também comecem a se mobilizar em comunidade.

Vale ressaltar que este limiar de 50 mm de precipitação também é levado em consideração pelo INMET para seus alertas de tempestades classificadas como perigo potencial, o que confirma e reforça a metodologia aplicada.

Por fim, para o último nível está o estado de perigo, sendo possível observar que à partir de 100 mm de chuva o cenário muda completamente. Isso se reflete tanto no gráfico da Figura 4, no qual as faixas de P90 a P95 demonstram um aumento crítico em que o teto de notificações praticamente dobra, atingindo um volume de quase 40.

Pode-se então, a partir dos resultados obtidos, concluir que a leitura de campo e prática descrita pela Defesa Civil do município de Ilhéus-BA se reflete na análise e cruzamento de dados de notificações e precipitações observadas em cada evento. Para a análise do presente estudo foram

utilizados apenas os registros do ano de 2024, contudo os resultados poderiam ser refinados caso um histórico maior de notificações estivesse disponível.

Assim, destaca-se a importância da manutenção do registro das notificações de ocorrências da Defesa Civil, para melhorar análises futuras e, consequententemente, melhorar as estratégias e ações implementadas para a preparação, monitoramento, enfrentamento e recuperação da administração municipal e comunidades em relação a ocorrência de chuvas intensas e o risco de desastres.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

O estabelecimento de limiares críticos de chuva contribui significativamente para o fortalecimento das ações de prevenção, monitoramento e resposta aos riscos socioambientais. Dessa forma, por meio da metodologia adotada, que identificou três níveis operacionais de risco: Atenção (20mm), Alerta (50mm) e Perigo (100mm), foi possível confirmar a aderência dos limiares utilizados pela Defesa Civil de Ilhéus como premissa para a gestão de riscos no município.

Além de fornecer subsídios técnicos para a implementação de sistemas de alerta mais dinâmicos e eficientes, o estudo reforça a importância da manutenção e da qualificação contínua dos bancos de dados de notificações de ocorrências, visto que registros confiáveis constituem a base para o aperfeiçoamento das estratégias mitigação, contribuindo para a redução da vulnerabilidade da população e para a mitigação dos impactos decorrentes de eventos extremos. Destaca-se, ainda, o potencial de replicação da metodologia em outros municípios com características semelhantes, especialmente na região sul da Bahia, como Itabuna, favorecendo a construção de políticas públicas mais eficazes de adaptação às mudanças climáticas e de gestão preventiva de desastres. A adoção dessa abordagem pode fortalecer a capacidade institucional de resposta e promover maior segurança socioambiental para as populações expostas aos riscos naturais.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) o fomento que viabilizou o desenvolvimento deste trabalho, no âmbito do projeto aprovado pelo PEPEEC - Programa Emergencial de Prevenção e Enfrentamento de Desastres Relacionados a Emergências Climáticas, eventos extremos, acidentes ambientais agradecem ao programa CNPQ pela concessão de bolsa para o desenvolvimento dessa pesquisa.

REFERÊNCIAS

AYA, G. “*Relatório da ONU indica crise hídrica global com secas e enchentes; entenda”*. CNN Brasil, 2023. Disponível em: https://www.cnnbrasil.com.br/tecnologia/relatorio-da-onu-indica-crise-hidrica-global-com-secas-e-enchentes-entenda/. Acesso em: 15 jun. 2026.

BRASIL. Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico (ANA). "*Estudo aponta que enchentes de 2024 foram maior desastre natural da história do RS e sugere caminhos para futuro com eventos extremos mais frequentes*". Brasília, DF: ANA, 2025. Disponível em: https://www.gov.br/ana/pt-br/assuntos/noticias-e-eventos/noticias/estudo-aponta-que-enchentes-de-2024-foram-maior-desastre-natural-da-historia-do-rs-e-sugere-caminhos-para-futuro-com-eventos-extremos-mais-frequentes. Acesso em: 15 jun. 2026.

BAHIA. Superintendência de Estudos Econômicos e Sociais da Bahia (SEI). *"Mapas digitalizados do Estado da Bahia: tipologia climática segundo Köppen"*. Salvador: SEI, 2008. Disponível em: https://www.sei.ba.gov.br/site/geoambientais/mapas/pdf/tipologia_climatica_segundo_koppen_2014.pdf. Acesso em: 07 Abril. 2026.

CALDANA, N.F.S; YADA JUNIOR, G.M; MOURA, D.A.V; 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.], ano 14, v. 23, p. 343–355, jul./dez. 2018. ISSN 2237-8642.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). Cidades e Estados: Ilhéus (BA). Rio de Janeiro: IBGE, 2026. Disponível em: https://www.ibge.gov.br/cidades-e-estados/ba/ilheus.html. Acesso em: 15 jun. 2026.

INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA (INMET). Portal institucional. Brasília, DF: INMET, 2026. Disponível em: https://portal.inmet.gov.br/. Acesso em: 15 jun. 2026.

ILHÉUS. Defesa Civil do Município. Portal institucional. Ilhéus: Prefeitura Municipal de Ilhéus, 2026. Disponível em: https://www.ilheus.ba.gov.br/. Acesso em: 15 jun. 2026.

MARTINEZ, Aline Sbizera (Coord.). *"Temporadas das Águas: O Aumento das Chuvas Extremas***"**. Santos, SP: UNIFESP; Curitiba, PR: Fundação Grupo Boticário, 2024. 40 p. (Série Brasil em Transformação: O Impacto da Crise Climática, Caderno Técnico II). Em cooperação com UNESCO, Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação (MCTI) e Aliança Brasileira pela Cultura Oceânica.

MORETTIN, P.A.; SINGER, J.M. (2020). *Estatística e Ciência de Dados*. Rio de Janeiro: LTC, 2020.

MARENGO, J. A. et al. *"O maior desastre climático do Brasil: chuvas e inundações no estado do Rio Grande do Sul em abril-maio 2024. Estudos Avançados"*, São Paulo, v. 38, n. 112, p. 203-228, 2024. Disponível em: https://doi.org/10.1590/s0103-4014.202438112.011. Acesso em: 7 abr. 2026.

MONTEIRO, L; KOBIYAMA, M. *"Proposta de metodologia de mapeamento de perigo de inundação*". Revista de Gestão de Água da América Latina, v. 10, n. 2, p. 13–25, 2013.

PAINEL INTERGOVERNAMENTAL SOBRE MUDANÇA DO CLIMA (IPCC). Mudança do clima 2023: relatório síntese. Tradução oficial e apoio técnico. Brasília, DF: Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação, 2023. Disponível em: https://www.gov.br/mcti/pt-br/acompanhe-o-mcti/sirene/publicacoes/relatorios-do-ipcc. Acesso em: 15 jun. 2026.

SANTOS, L.R; BAITZ, E.O.F. *"Impactos ambientais em áreas urbanas da cidade de Ilhéus: uma relação entre dados pluviométricos, movimentos de massa e submoradias"*. In: Os Desafios da Geografia Física na Fronteira do Conhecimento. [S.l.]: INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS - UNICAMP, 2017. p. 3775–3784.

SANTOS, T.N.C; *et al*. *"Contribuição dos registros de ocorrências da defesa civil para a análise de desastres associados a chuvas intensas em Ilhéus-BA"*. In: CONGRESSO BAIANO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL, 9., 2026. Salvador: ABES-BA, 2026.

TOLENTINO, G.M; SILVA, V.A; LISBOA, G.S; SANTOS, M..T; SENA, S.R. *"Áreas de risco a alagamento e inundação na foz do rio Cachoeira, em Ilhéus (Bahia – Brasil)"*. Revista de Geociências do Nordeste, [S. l.], v. 9, n. 2, p. 83–95, 2023. DOI: 10.21680/2447-3359.2023v9n2ID32143.