



Geoindicadores na análise sistêmica socioambiental urbana: uma proposta metodológica aplicada ao bairro Malhado, Ilhéus–BA

Ualas Souza Dos Santos¹

© Geografia Grapiúna
2026



Este trabalho está
licenciado sob uma
licença [Creative
Commons Attribution
4.0 International](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/)

Aceito: 17/06/2026

RESUMO

A expansão urbana desordenada em áreas costeiras tem intensificado processos de degradação ambiental e ampliado a vulnerabilidade socioambiental em cidades brasileiras. Este estudo teve como objetivo analisar sistemicamente o bairro Malhado, em Ilhéus (BA), por meio da aplicação integrada de geoindicadores morfométricos e hidrológicos associados a indicadores socioeconômicos. Foram utilizados dados do Modelo Digital de Elevação Topodata, malhas territoriais e setores censitários do IBGE, processados em ambiente de Sistema de Informação Geográfica (QGIS/GRASS GIS). Os geoindicadores analisados compreenderam declividade, altitude, densidade da rede de drenagem e acumulação de fluxo obtida pelo modelo hidrológico D8. Os resultados evidenciaram que as áreas de baixa altitude e reduzida declividade apresentam maior suscetibilidade ao acúmulo do escoamento superficial e à ocorrência de alagamentos, enquanto os setores de encosta, caracterizados por maiores declividades, apresentam elevada fragilidade geomorfológica e maior potencial para processos erosivos e movimentos de massa. A integração entre os geoindicadores físicos e os dados socioeconômicos permitiu identificar padrões espaciais de vulnerabilidade socioambiental, demonstrando o potencial da metodologia como subsídio ao planejamento urbano, à gestão de riscos e ao ordenamento territorial em áreas urbanas costeiras.

Palavras-chave: Planejamento urbano; sistema de informação geográfica (SIG); processamento de dados espaciais; gestão ambiental.

*Geoindicators in urban social-environmental systemic analysis:
a methodological proposal applied to the Malhado neighborhood, Ilhéus–BA*

ABSTRACT

Disordered urban expansion in coastal areas has intensified environmental degradation and increased socio-environmental vulnerability in Brazilian cities. This study aimed to conduct a systemic analysis of the Malhado neighborhood, in Ilhéus, Bahia, through the integrated application of morphometric and hydrological geoindicators associated with socioeconomic indicators. Data from the Topodata Digital Elevation Model, territorial boundaries, and IBGE census tracts were processed using a Geographic Information System (QGIS/GRASS GIS). The analyzed geoindicators included slope, elevation, drainage density, and flow accumulation derived from the D8 hydrological model. The results showed that low-lying and gently sloping areas are more susceptible to surface runoff accumulation and flooding, whereas hillside sectors with steeper slopes exhibit greater geomorphological fragility and higher potential for erosion and mass movement processes. The integration of physical geoindicators and socioeconomic data enabled the identification of spatial patterns of socio-environmental vulnerability, demonstrating the potential of the proposed methodology to support urban planning, risk management, and land-use planning in coastal urban areas.

Keywords: Urban planning; geographic information systems (GIS); spatial data processing; environmental management.

¹ Bacharel em Geografia pela Universidade Estadual de Santa Cruz - UESC, Mestrando em Geografia pelo Programa de Pós-Graduação em Geografia (PROGEO) pela UESC. ORCID: <https://orcid.org/0009-0007-7021-154X>. E-mail: ussantos.bqe@uesc.br

INTRODUÇÃO

O acelerado e, muitas vezes, desordenado processo de urbanização nas cidades brasileiras tem se manifestado como um agente transformador proeminente dos sistemas naturais (Tricart, 1977). Em ambientes tropicais úmidos, como a região costeira de Ilhéus, no sul da Bahia, essa dinâmica é agravada por condições climáticas de alta pluviosidade e por um quadro geomorfológico naturalmente suscetível à erosão e aos movimentos de massa. Tais fatores, quando combinados à ocupação de áreas de risco, intensificam os processos de degradação ambiental e ampliam as vulnerabilidades socioambientais urbanas (Rodrigues; Coltrinari, 2004).

Nesse cenário, a geomorfologia urbana se estabelece como campo essencial para a compreensão das relações entre as formas de uso e ocupação do solo e as respostas do meio físico. Para o monitoramento e a mensuração dessas alterações, a utilização de geoindicadores socioambientais surge como uma ferramenta metodológica indispensável, operando como parâmetros quantificáveis capazes de sinalizar mudanças ambientais em curtas escalas temporais e fornecer bases objetivas para o planejamento urbano (Rodrigues; Coltrinari, 2004). Dentre estes parâmetros, destaca-se o conceito de geoindicador morfodinâmico proposto por Ross (1994). Sob a ótica do autor, os gradientes de relevo e declividade funcionam como indicadores diretos do potencial de escoamento superficial e da fragilidade do meio físico frente à pressão antrópica, permitindo identificar restrições à engenharia e zonas propensas a processos erosivos acelerados ou alagamentos sazonais.

O presente artigo adota a abordagem sistêmica (Christofolletti, 1999; Morin, 2005), compreendendo o espaço urbano como um sistema complexo constituído por componentes naturais e sociais interdependentes, cujas interações produzem respostas ambientais diferenciadas ao longo do tempo. Nessa perspectiva, o bairro Malhado, localizado no município de Ilhéus–BA, apresenta-se como uma área de estudo altamente representativa das transformações socioambientais associadas à expansão urbana costeira. O bairro caracteriza-se por um histórico de ocupação intensiva e heterogênea, que avança tanto sobre áreas de encostas íngremes quanto sobre planícies baixas sujeitas à influência de processos hidrológicos severos. Essa configuração evidencia nítidos conflitos de uso do solo que contribuem para a recorrência de inundações, subsidências locais, processos erosivos lineares e instabilidades de taludes.

Diante desse contexto, o presente estudo tem como objetivo analisar sistemicamente o bairro Malhado, por meio da aplicação de geoindicadores morfométricos

e hidrológicos específicos. Os geoindicadores selecionados para esta pesquisa são: (declividade; altitude; densidade da rede de drenagem e acumulação de fluxo baseada no modelo de fluxo D8 (Deterministic 8-node) proposto por O' Callaghan e Mark (1984) cruzadas com indicadores de vulnerabilidade social (densidade demográfica urbana e aspectos socioeconômicos por setores censitários do IBGE).

Por meio da integração dos indicadores selecionados, busca-se espacializar os impactos da urbanização sobre o meio físico do bairro, delimitando classes de fragilidade geomorfológica e identificando setores prioritários para ações de mitigação de riscos e planejamento urbano.

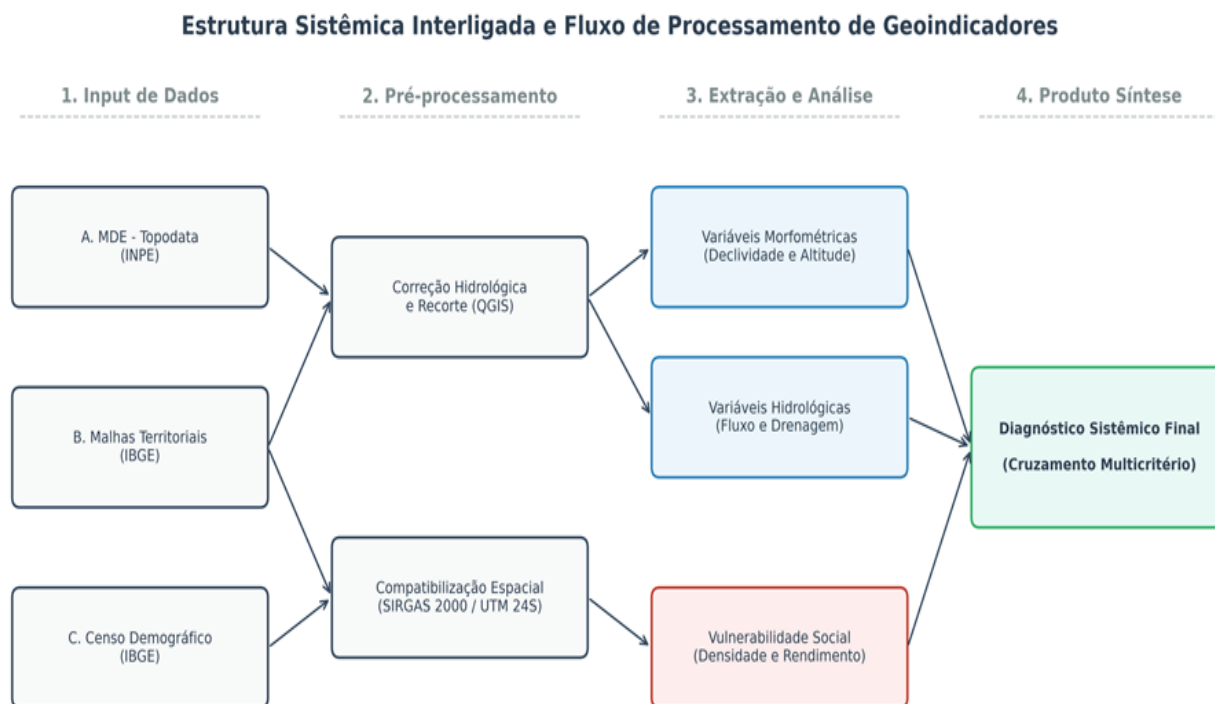
Ao utilizar o bairro como recorte empírico, o estudo pretende evidenciar como a interação entre características geomorfológicas, processos hidrológicos e padrões históricos de ocupação do solo contribui para a produção de vulnerabilidades socioambientais. Espera-se, assim, não apenas ampliar a compreensão das dinâmicas geoambientais em áreas urbanas costeiras, mas também fornecer subsídios técnicos e cartográficos capazes de apoiar o ordenamento territorial municipal, a gestão de riscos e a formulação de políticas públicas voltadas à redução das desigualdades socioespaciais e à promoção de uma ocupação urbana mais compatível com as limitações e potencialidades do meio físico.

METODOLOGIA

A pesquisa adota uma abordagem quantitativa e aplicada, de caráter descritivo e analítico, fundamentada nos princípios da análise sistêmica (Christofolletti, 1999) e na utilização de geoindicadores como instrumentos de análise das transformações socioambientais urbanas (Rodrigues; Coltrinari, 2004). Para este estudo, foram selecionados e parametrizados quatro geoindicadores principais: (i) a declividade do terreno, utilizada para identificar áreas de fragilidade geomorfológica e suscetibilidade a processos erosivos e movimentos de massa; (ii) a densidade de drenagem, empregada na avaliação do grau de dissecação do relevo e da organização da rede de drenagem, como indicativo da resposta hidrológica; (iii) a acumulação de fluxo, voltada à identificação de setores de convergência hídrica superficial e potencial ocorrência de alagamentos; (iv) a altitude, utilizada na caracterização topográfica e na delimitação de planícies de inundação. Esses indicadores foram analisados de forma integrada e espacializada no bairro, permitindo compreender as interações entre a fragilidade do meio físico e a dinâmica de ocupação urbana.

As etapas metodológicas estão sintetizadas na Figura 1, que representa o fluxo de processamento em ambiente de Sistema de Informação Geográfica (SIG).

Figura 1 – Fluxograma metodológico do processamento em (SIG)



Fonte: Elaborado pelo autor, 2025.

Foram utilizados dados cartográficos e socioeconômicos provenientes de bases institucionais oficiais, com diferentes resoluções espaciais e escalas, conforme apresentado no Quadro 1.

Quadro 1 – Especificações técnicas e fontes dos dados utilizados na pesquisa

Dado cartográfico	Fonte	Resolução/Escala	Especificação	Ano
Modelo Digital de Elevação (MDE)	INPE – Topodata	30 m	Derivado da missão SRTM	2011
Malha de bairros (vetorial)	IBGE	1:250.000	Divisão político-administrativa municipal	2022
Dados censitários	IBGE – Censo Demográfico	Setor censitário	Divisão político-administrativa municipal	2022

Fonte: Autor (2025).

O processamento espacial foi realizado no software QGIS 3.28 LTR (QGIS DEVELOPMENT TEAM, 2023). As camadas vetoriais e matriciais foram padronizadas no

Sistema de Referência de Coordenadas SIRGAS 2000 / UTM zona 24 Sul (EPSG:31984). O processamento se sintetiza da seguinte forma:

- Correção hidrológica do terreno: o Modelo Digital de Elevação (MDE) utilizado provém do projeto Topodata, desenvolvido pelo Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE). Este banco de dados consiste no refinamento dos dados altimétricos originais obtidos pelo sensor de radar da missão *Shuttle Radar Topography Mission* (SRTM), cuja resolução espacial original de 90 metros foi interpolada via krigagem para uma resolução de 30 metros (VALERIANO, 2008). O MDE foi submetido ao preenchimento de depressões espúrias por meio do algoritmo *r.fill.dir* no ambiente GRASS GIS, resultando na geração de um Modelo Digital de Terreno hidrologicamente consistente (MDT-HC);
- Recorte da área de estudo: o MDT-HC foi recortado com base no limite geográfico do bairro Malhado, utilizando a malha oficial de setores censitários do IBGE (2022) como máscara de extração espacial;
- Extração do geoindicador de declividade: a partir do MDT-HC, foi aplicado o algoritmo *r.slope.aspect* (GRASS GIS), resultando no mapa de declividade expresso em percentual. O produto foi reclassificado em quatro classes com base nos limiares geomorfológicos propostos por Ross (1994), Quadro 2.

Quadro 2 – Classes de declividade e graus de fragilidade ambiental (adaptado de Ross, 1994)

Plano	< 6	Muito Baixa	Alta aptidão à urbanização; menor suscetibilidade a processos erosivos e movimentos de massa.
Suave Ondulado	6 – 12	Baixa	Escoamento superficial lento; baixo potencial erosivo natural.
Ondulado	12 – 20	Média	Suscetibilidade média à erosão; risco associado à ocupação irregular.
Forte Ondulado	20 – 30	Alta	Forte escoamento superficial; alto risco de erosão.

Fonte: Adaptado de Ross (1994) pelo autor (2025).

- **Modelagem hidrológica e extração da rede de drenagem:** a direção de fluxo foi obtida a partir do modelo D8, seguida da geração do raster de acumulação de fluxo, utilizando a ferramenta GRASS → Raster (*r.watershed*) no QGIS;

- **Análise hierárquica da rede de drenagem:** Os canais foram ordenados segundo o método de Strahler (1957) utilizando a ferramenta *r.stream.order* (GRASS GIS). A distribuição espacial das ordens de drenagem foi analisada por sobreposição ao mapa de Altimetria permitindo identificar a associação entre canais de diferentes ordens e as classes de relevo;
- A densidade de drenagem foi obtida pela razão entre o comprimento total da rede de drenagem extraída e a área do bairro, conforme a Equação:

$$Dd = \frac{L}{A}$$

Onde:

L = comprimento total da drenagem;

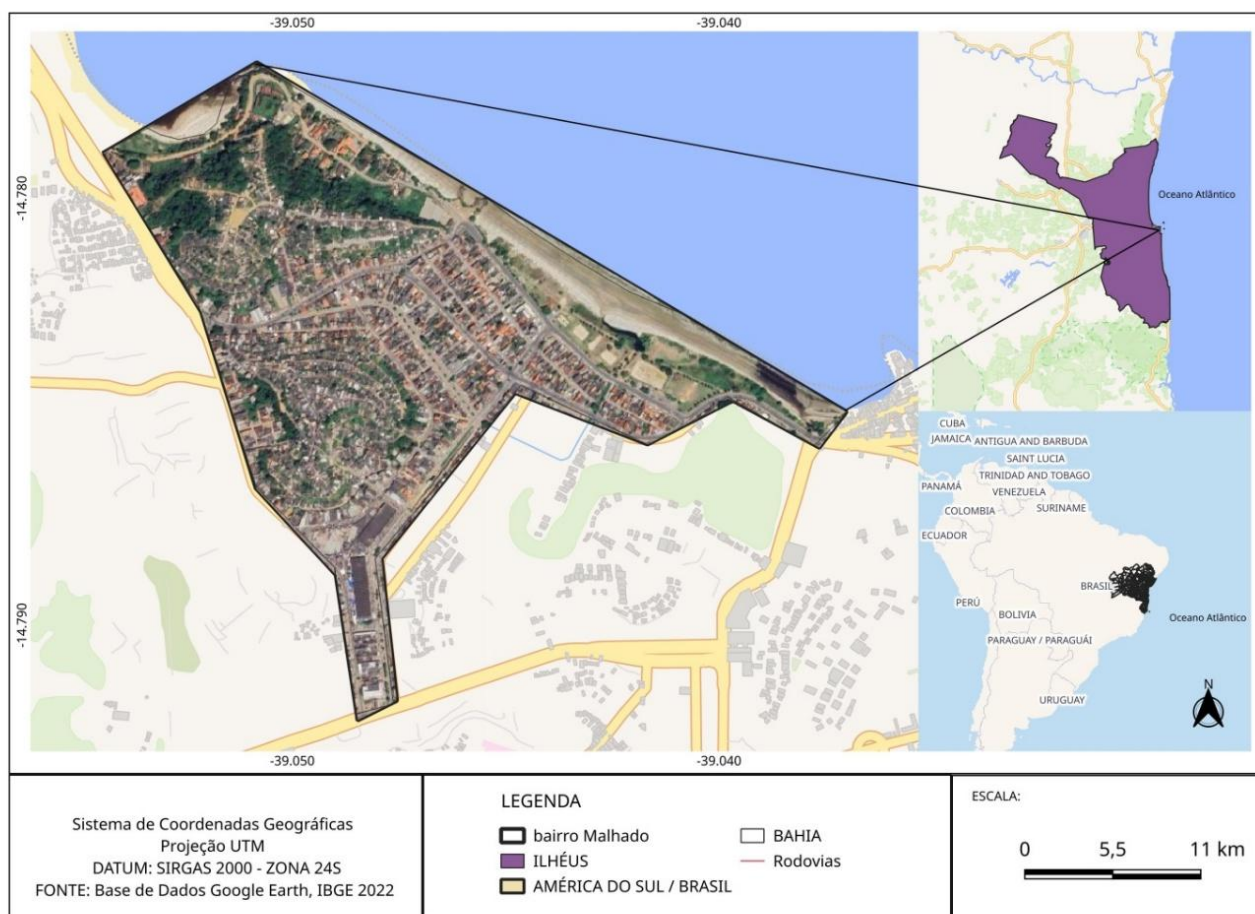
A = área /bairro.

- **Distribuição altimétrica da rede:** Os segmentos da rede de drenagem tiveram os valores de altitude extraídos do MDT por meio da ferramenta *Sample Raster Values* (ou equivalente). Posteriormente, os canais foram agrupados em classes altimétricas de 10 metros, sendo calculada a frequência (ou comprimento total) da rede em cada classe. Os resultados foram representados em gráfico para avaliar a distribuição da drenagem ao longo do gradiente altimétrico;
- A integração entre variáveis físicas e socioeconômicas foi realizada por meio de operações de interseção espacial entre os geindicadores morfométricos/hidrológicos e os setores censitários do IBGE. Foram consideradas variáveis socioeconômicas de densidade demográfica. A combinação dessas variáveis permitiu a construção de uma base espacial integrada para análise multicritério da vulnerabilidade socioambiental, possibilitando a identificação de padrões de exposição associados à interação entre relevo, dinâmica hídrica e desigualdade socioespacial.

Área do estudo

O bairro Malhado (Figura 2), localizado na zona norte de Ilhéus–BA, configura-se como um dos principais núcleos urbanos e comerciais do município. Segundo os dados do Censo Demográfico 2022, a área reflete as contradições do crescimento urbano litorâneo baiano.

Figura 2 - Bairro Malhado, Ilhéus- BA



Fonte: Elaborado pelo autor, 2025.

O recorte espacial escolhido para a aplicação dos geoindicadores, compreende o bairro Malhado, sendo uma das unidades territoriais mais dinâmicas e densamente povoadas do município de Ilhéus-BA. O bairro possui uma extensão territorial total aproximada de 1.314.000 m², o que equivale a 131,4 hectares (ha) ou 1,31 quilômetros quadrados (km²). Apesar de sua dimensão territorial relativamente compacta no contexto municipal, concentra uma alta complexidade ambiental e socioeconômica, caracterizada por uma transição abrupta entre uma planície costeira baixa e cordões de encostas íngremes. Essa expressiva heterogeneidade geomorfológica em uma área territorial adensada justifica a escolha do bairro como escala de análise detalhada, visto que as pressões do crescimento urbano sobre o relevo e a rede de drenagem local manifestam-se de forma concentrada, potencializando cenários de risco geomorfológico e hidrológico que demandam planejamento local específico.

De acordo com o IBGE (2022), Ilhéus possui uma população residente de 178.703 habitantes. O Malhado destaca-se pela sua alta densidade demográfica, sendo um bairro de uso misto residencial e comercial (Figura 3). A população do bairro é de aproximadamente 8.424 habitantes, conforme dados do censo de 2022.

Figura 3 – Vista panorâmica da Central de Abastecimento do Malhado, Ilhéus–BA



Fonte: TRIPADVISOR. Central de Abastecimento do Malhado. 2025.

A produção do espaço urbano do bairro é contextualizada antes de tudo pelas formas de distribuição heterogênea de características sociais e econômicas, articuladas com as formas de trabalho detentoras do capitalismo. Também podemos atribuir o conceito de construção social, incorporada pela estrutura engajadora de agrupamento populacional ou social ao qual destacamos o convívio humano em grupo comunidade.

O bairro tem sua origem e desenvolvimento vinculados à expansão urbana da cidade e à ocupação de antigas áreas rurais. Tendo sido incorporado à malha urbana de Ilhéus à medida que o município cresceu ao longo do século XX, transformando antigas fazendas e terrenos periféricos em áreas urbanizadas (Andrade, 2003).

É importante destacar que essa dinâmica de ocupação não ocorreu de forma planejada pelo poder público, mas sim a partir de uma urbanização progressiva e espontânea, fortemente vinculada às atividades tradicionais da pesca e à proximidade

com o litoral. Com o passar das décadas, a consolidação dessas ocupações iniciais resultou na ampliação da infraestrutura urbana básica e na integração gradual da área ao tecido urbano de Ilhéus, ainda que mantendo marcas de desigualdade socioespacial. Assim, o Malhado passa a se configurar não apenas como um espaço de residência de trabalhadores de baixa renda, mas também como um território historicamente produzido a partir de relações entre trabalho, mar e cidade, refletindo um padrão recorrente de expansão urbana nas cidades litorâneas brasileiras.

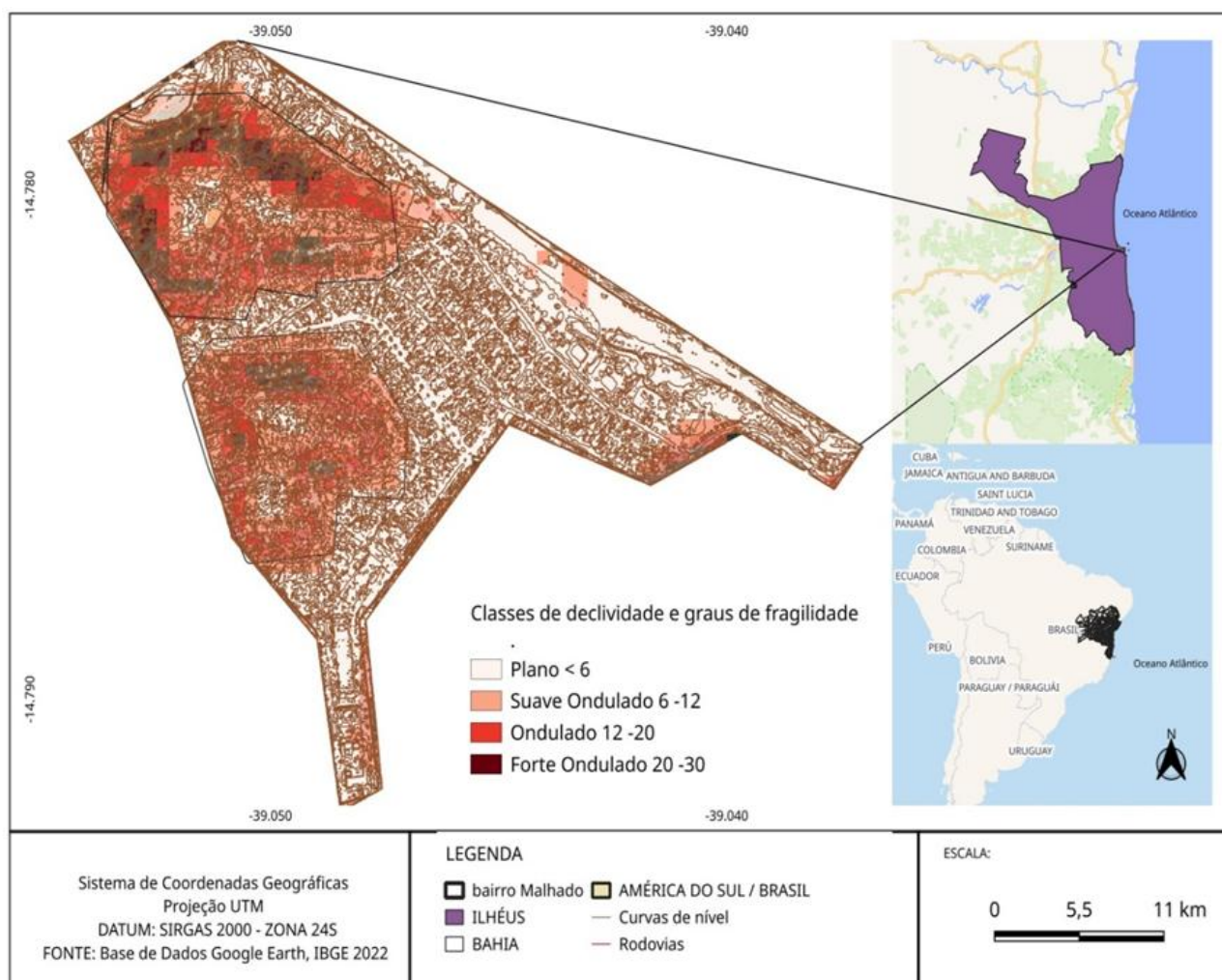
Ao analisar o recorte espacial estratégico entorno das interações entre sociedade e natureza no contexto urbano de Ilhéus no bairro, na qual sua formação histórica associada à expansão da malha urbana sobre antigas áreas rurais, somada à sua atual configuração de alta densidade populacional, evidencia um espaço marcado por intensas transformações socioespaciais ao longo do tempo. Nesse sentido, compreender sua evolução e sua configuração atual permite não apenas interpretar as dinâmicas internas do bairro, mas também refletir sobre os padrões mais amplos de urbanização observados nas cidades médias costeiras brasileiras, nas quais processos de ocupação, desigualdade e fragilidade ambiental se articulam de forma indissociável.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados obtidos foram integrados, permitindo a geração de mapas temáticos e a análise cruzada entre variáveis geomorfológicas e hidrológicas. A abordagem sistêmica adotada possibilitou relacionar os padrões de relevo (declividade e altitude) com a dinâmica da rede de drenagem, estabelecendo níveis diferenciados de vulnerabilidade socioambiental no bairro, conforme os geoindicadores definidos na metodologia.

A análise da declividade (Figura 4) evidencia uma expressiva heterogeneidade morfológica no bairro, com predominância de áreas planas e transição gradual para setores de encosta. A aplicação da classificação de Ross (1994) permitiu espacializar diferentes graus de fragilidade geomorfológica e sua relação com a ocupação urbana.

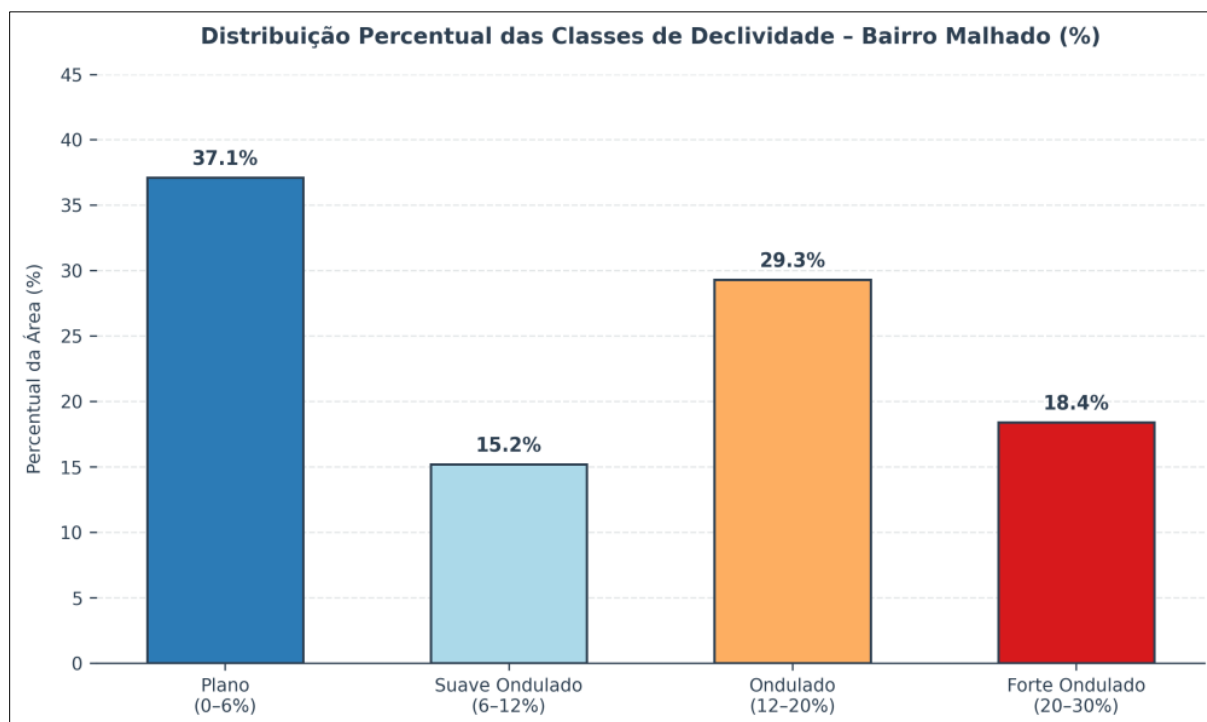
Figura 4 - Áreas de declividade do bairro Malhado, Ilhéus-BA



Fonte: Elaborado pelo autor, 2025.

A Figura 5 permitiu analisar a distribuição percentual das classes de declividade do bairro. A classe Plano (0–6%) corresponde a aproximadamente 37,1% da área total, indicando predominância de superfícies com baixa restrição topográfica, historicamente mais favoráveis à urbanização e ao adensamento. Entretanto, tais áreas apresentam elevada suscetibilidade a alagamentos e acúmulo hídrico, sobretudo quando associadas à impermeabilização do solo e à proximidade da rede de drenagem (Figura 5).

Figura 5 - Distribuição percentual das classes de declividade, bairro Malhado, Ilhéus, BA



Fonte: Dados da pesquisa

As classes Suave Ondulado (6–12%) e Ondulado (12–20%), que somam 44,5% da área total do bairro (sendo 15,2% e 29,3% respectivamente), configuram zonas de transição geomorfológica. Nessas áreas, observa-se intensificação do escoamento superficial, com aumento progressivo da energia do fluxo hídrico, o que favorece processos erosivos lineares. Do ponto de vista socioespacial, esses setores tendem a concentrar ocupações menos estruturadas, o que amplia a vulnerabilidade a degradações graduais do solo e instabilidades superficiais.

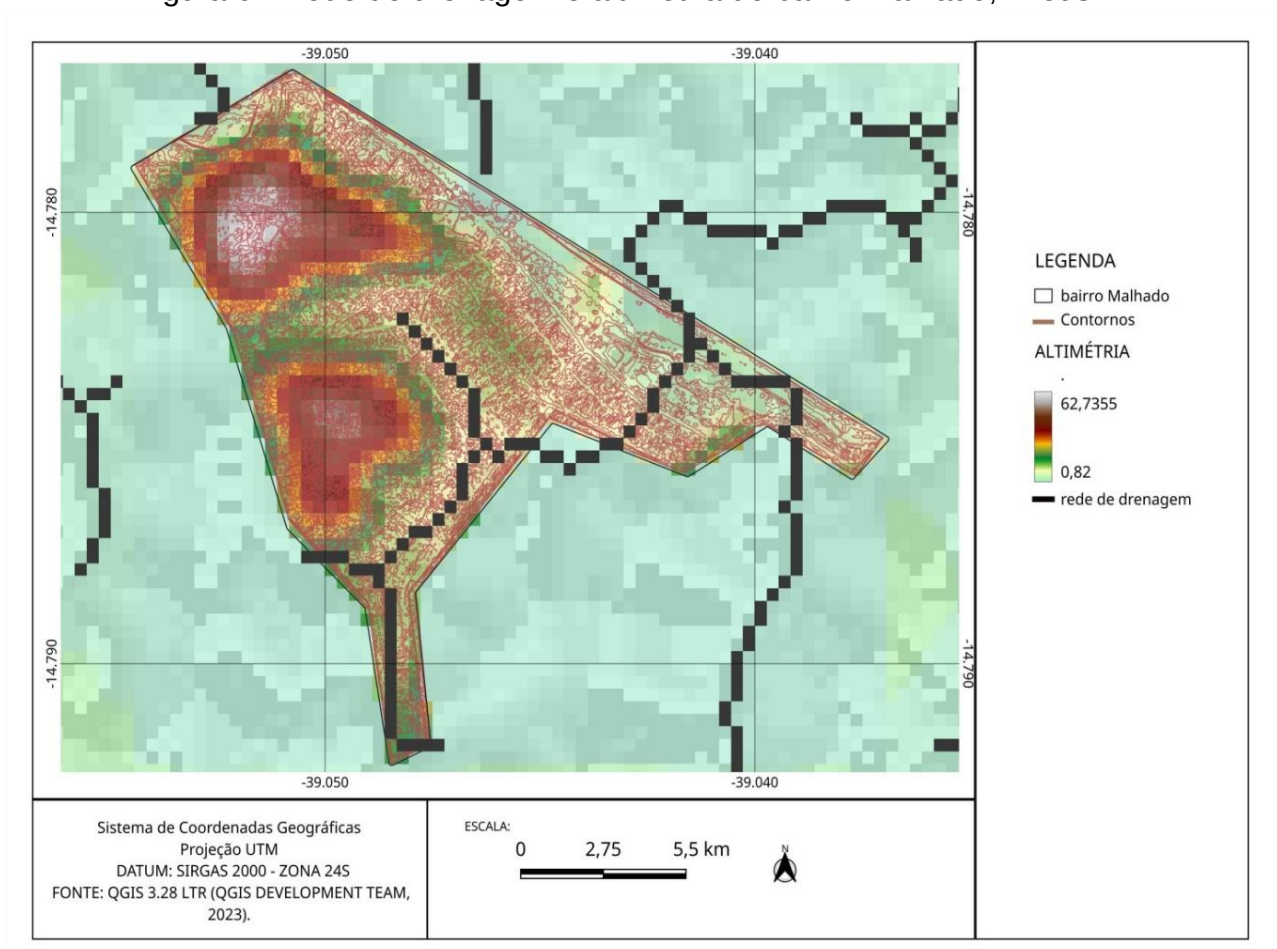
Já a classe de maior declividade, Forte Ondulado (20–30%), representa aproximadamente 18,4% da área do bairro, localizando-se predominantemente em encostas e setores mais elevados. Essas áreas apresentam elevada suscetibilidade a movimentos de massa e erosão acelerada, especialmente quando submetidas à ocupação irregular, intervenções antrópicas como cortes de talude, supressão vegetal e ausência de drenagem adequada potencializam significativamente os processos de instabilidade geomorfológica.

Dessa forma, observa-se uma clara dualidade espacial: áreas planas com vulnerabilidades e as áreas de encosta, ambas diretamente associadas ao padrão de urbanização do bairro.

Os resultados obtidos corroboram os pressupostos de Ross (1994), segundo os quais o aumento da declividade está diretamente relacionado ao incremento da fragilidade ambiental e da suscetibilidade a processos erosivos. De forma semelhante, estudos desenvolvidos por Rodrigues e Coltrinari (2004) demonstram que a declividade constitui um dos principais ge indicadores para avaliação da dinâmica geomorfológica em áreas urbanizadas, permitindo identificar setores mais vulneráveis à ocupação antrópica.

Complementarmente à análise de declividade, os dados altimétricos também na (Figura 6) extraídos por meio das estatísticas zonais revelam uma expressiva amplitude topográfica no bairro Malhado, cujo gradiente altitudinal varia de um valor mínimo de 0,82 metros até a cota máxima de 62,73 metros. Essa variação de quase 63 metros em um recorte territorial de apenas 1,31 km² configura um sistema geomorfológico de alta energia potencial, caracterizado por uma ruptura abrupta de relevo entre o topo das encostas e a planície costeira.

Figura 6 - Rede de drenagem e altimetria do bairro Malhado, Ilhéus–BA



Fonte: Elaborado pelo Autor, 2025.

As áreas situadas nas cotas mais baixas (próximas ou ligeiramente abaixo do nível zero, correspondem à planície de cordões litorâneos e terraços marinhos, onde se localiza o núcleo comercial e a Central de Abastecimento do Malhado (Figura 3). A altimetria próxima ao nível do mar nessas superfícies aplainadas evidencia o gradiente de escoamento, é praticamente nulo. Esse fator dificulta a vazão das águas pluviais por gravidade e favorece o fenômeno de represamento hidrológico, especialmente quando ocorre evento de precipitação torrencial.

Por outro lado, o topo do sistema, que atinge os 62,73 metros, é constituído por morros dissecados e vertentes de alta declividade que circundam o bairro. Essa configuração altimétrica funciona como uma zona de cabeceira de drenagem e forte geração de escoamento superficial. Durante eventos de chuvas intensas, a água precipitada nas cotas elevadas adquire grande velocidade e energia cinética ao descer pelas encostas, convergindo rapidamente para a base do relevo.

A integração sistêmica desses dados evidencia que a vulnerabilidade socioambiental do bairro é potencializada por essa transição topográfica: os setores de alta cota e forte declividade geram fluxos torrenciais e sofrem com processos erosivos e movimentos de massa nas encostas ocupadas; simultaneamente, toda essa carga hídrica e sedimentar é canalizada e depositada nas cotas inferiores a 5 metros, sobrecarregando a rede de drenagem artificial e consolidando cenários crônicos de alagamentos e inundações na planície urbana.

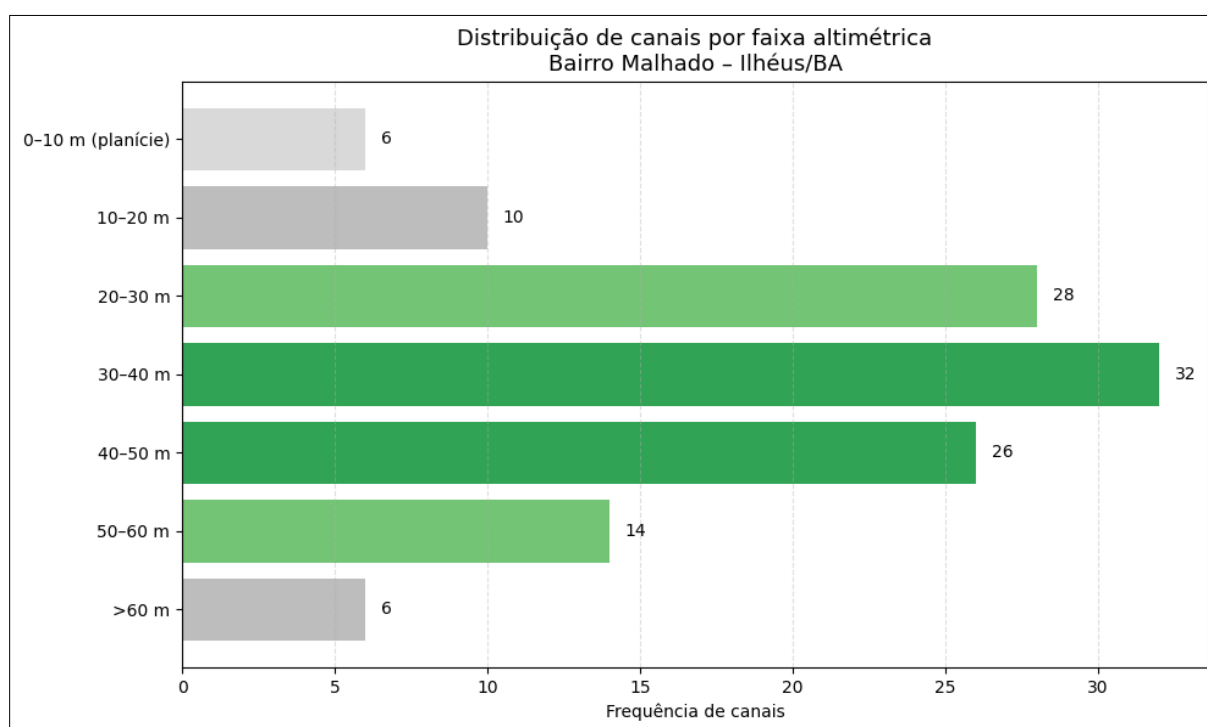
Conforme descrito no protocolo metodológico, a rede de drenagem (Figura 6) foi extraída a partir da modelagem hidrológica baseada no algoritmo D8 e na matriz de acumulação de fluxo. A aplicação desse procedimento permitiu representar o comportamento potencial do escoamento superficial no bairro e calcular o geoindicador de densidade de drenagem, utilizado como parâmetro para avaliação da dinâmica hídrica urbana.

A densidade de drenagem estimada em **1,92 km/km²** indica um padrão **moderado a elevado para áreas urbanizadas**, sugerindo resposta hidrológica relativamente rápida durante eventos de precipitação intensa. Esse comportamento é intensificado pela impermeabilização do solo, o que reduz a infiltração e aumenta o escoamento superficial concentrado.

Também se evidencia a forte conectividade hidrológica entre as áreas de encosta e a planície costeira. O bairro atua como um **setor de convergência do escoamento superficial**, recebendo fluxos provenientes das áreas mais elevadas do entorno urbano.

A observação e análise hierárquica da rede de drenagem evidencia que canais de primeira e segunda ordem se concentram em áreas de maior declividade, onde o potencial erosivo é mais elevado. Os pontos de confluência atuam como zonas de amplificação do fluxo hídrico, contribuindo para a formação de áreas críticas de concentração de água. As confluências representam setores de convergência do escoamento superficial. O Figura 7 indica maior frequência de canais em faixas altimétricas intermediárias, sugerindo maior dissecação do relevo nessas cotas.

Figura 7 – Distribuição de canais por faixa altimétrica, bairro Malhado, Ilhéus, BA



Fonte: Dados da pesquisa.

O aumento da inclinação da curva entre aproximadamente 20 e 50 metros de altitude indica setores potencialmente associados a maior velocidade do escoamento superficial em razão do gradiente topográfico, associados a processos erosivos ativos. Já a estabilização da curva em cotas inferiores indica transição para áreas planas, onde predomina o acúmulo hídrico e a ocorrência potencial de alagamentos sazonais.

A integração entre altitude, declividade e rede de drenagem evidenciou um comportamento hidrológico compatível com o observado em áreas urbanas costeiras brasileiras, nas quais a impermeabilização do solo reduz a infiltração e acelera o escoamento superficial. Esse padrão reforça a importância da modelagem hidrológica

baseada em Modelos Digitais de Elevação como ferramenta para identificação de áreas suscetíveis à concentração de fluxo e ocorrência de alagamentos.

O cruzamento espacial entre os geoindicadores físicos (declividade, altitude, densidade de drenagem e acumulação de fluxo) e as informações socioeconômicas dos setores censitários permitiu operacionalizar a abordagem sistêmica proposta por Christofolletti (1999) e Morin (2005). A integração dessas variáveis evidenciou que a vulnerabilidade socioambiental no bairro Malhado resulta da interação entre as características do meio físico e o padrão de ocupação urbana, e não apenas das condições naturais do terreno.

A análise integrada permitiu identificar dois padrões espaciais predominantes de vulnerabilidade:

(1) Zonas de acúmulo do escoamento superficial e impacto potencial sobre atividades comerciais: As áreas de baixa altitude (cotas inferiores a 5 m) e de reduzida declividade (classe Plana, < 6%) concentram parte das atividades comerciais e de serviços do bairro. Nesses setores, a baixa capacidade de escoamento por gravidade, associada à impermeabilização do solo e à convergência do fluxo superficial identificada pela modelagem hidrológica, favorece a ocorrência de alagamentos durante eventos de precipitação intensa, podendo comprometer a infraestrutura urbana, a mobilidade e as atividades econômicas.

(2) Zonas de encosta e vulnerabilidade social: As áreas com declividade superior a 20%, classificadas como de alta fragilidade geomorfológica segundo Ross (1994), coincidem espacialmente com setores censitários caracterizados por menores níveis de renda. Essa associação indica que parcelas socialmente mais vulneráveis ocupam áreas com maior suscetibilidade a processos erosivos e movimentos de massa. A ocorrência de ocupações em encostas, aliada à insuficiência de infraestrutura de drenagem e contenção, amplia a exposição da população aos riscos geomorfológicos, configurando um padrão de vulnerabilidade socioambiental e de injustiça ambiental urbana.

Nesses locais, a precariedade habitacional e a ausência de infraestrutura de contenção intensificam o risco de deslizamentos (Figura 8), configurando um cenário típico de **injustiça ambiental urbana**.

Figura 8 - Deslizamento de terra no alto da Legião, bairro Malhado, Ilhéus



Fonte: Prefeitura de Ilhéus-Ba, Defesa Civil, 2023.

A associação entre fragilidade ambiental e vulnerabilidade social observada no bairro Malhado também foi identificada em estudos sobre riscos urbanos em cidades brasileiras, que demonstram que populações de menor renda tendem a ocupar áreas ambientalmente mais suscetíveis, como encostas íngremes e planícies sujeitas a inundações. Esses resultados reforçam a compreensão de que os riscos socioambientais são produzidos pela interação entre processos naturais e desigualdades socioespaciais, conforme a perspectiva sistêmica adotada neste estudo.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

O presente estudo alcançou o objetivo de analisar sistemicamente o bairro Malhado por meio da aplicação integrada dos geoindicadores de declividade, altitude, densidade de drenagem e acumulação de fluxo, associados aos indicadores socioeconômicos dos setores censitários. A utilização desses parâmetros permitiu identificar padrões espaciais da vulnerabilidade socioambiental decorrentes da interação entre as características do relevo, a dinâmica hidrológica e o processo de ocupação urbana.

Os resultados evidenciaram que as áreas de baixa altitude e reduzida declividade concentram maior suscetibilidade ao acúmulo do escoamento superficial e à ocorrência de alagamentos, enquanto os setores de encosta, caracterizados por declividades superiores a 20%, apresentam elevada fragilidade geomorfológica, favorecendo processos erosivos e movimentos de massa. A modelagem hidrológica baseada no algoritmo D8 permitiu identificar áreas de convergência do fluxo superficial e estimar uma densidade de drenagem de 1,92 km/km², indicando resposta hidrológica rápida durante eventos pluviométricos intensos.

A integração entre os geoindicadores físicos e os dados socioeconômicos demonstrou que parte significativa da população de menor renda ocupa justamente os setores de maior fragilidade ambiental, evidenciando um padrão de vulnerabilidade socioambiental associado à desigual distribuição das condições naturais e da infraestrutura urbana. Esses resultados reforçam a importância da abordagem sistêmica adotada, permitindo compreender que os riscos ambientais decorrem não apenas das características físicas do terreno, mas também das formas de ocupação e uso do espaço urbano.

Dessa forma, os produtos cartográficos e as análises desenvolvidas constituem subsídios técnicos para o planejamento territorial, a gestão de riscos e a formulação de políticas públicas voltadas à redução das vulnerabilidades socioambientais no bairro Malhado. A metodologia empregada, baseada na integração de geoindicadores em ambiente SIG, também apresenta potencial de aplicação em outros bairros e municípios com características geomorfológicas e urbanas semelhantes.

Os resultados obtidos mostram-se consistentes com a literatura sobre geoindicadores e análise sistêmica aplicada ao planejamento urbano, confirmando o potencial da integração entre variáveis geomorfológicas, hidrológicas e socioeconômicas para identificação de áreas prioritárias para gestão territorial. A metodologia proposta pode ser adaptada a outros bairros e municípios costeiros, contribuindo para estudos comparativos e para o aprimoramento das políticas públicas de redução de riscos socioambientais.

REFERÊNCIAS

ANDRADE, M. P. **Ilhéus: passado e presente**. Ilhéus, BA: Editus, 2003.

CHRISTOFOLETTI, A. **Modelagem de sistemas ambientais**. São Paulo: Edgard Blücher, 1999.

IBGE. INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Censo Demográfico 2022**. Rio de Janeiro: IBGE, 2022. Disponível em: Portal do Censo Demográfico 2022. Acesso em: 10 dez. 2025.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Malhas territoriais**. Rio de Janeiro: IBGE, 2022. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/geociencias/organizacao-do-territorio/malhas-territoriais.html>. Acesso em: 10 dez. 2025.

ILHÉUS. Prefeitura Municipal. Defesa Civil. **Acervo fotográfico**. Ilhéus, BA, 2023.

MORIN, E. **O Método 1: A natureza da natureza**. Porto Alegre: Sulina, 2005.

O'CALLAGHAN, J. F.; MARK, D. M. The extraction of drainage networks from digital elevation data. **Computer Vision, Graphics, and Image Processing**, [S. l.], v. 28, n. 3, p. 323–344, 1984. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0734189X84800110>. Acesso em: 03 ago. 2026.

QGIS DEVELOPMENT TEAM. **QGIS Geographic Information System**, [S. l.], Open Source Geospatial Foundation Project, 2023. Disponível em: <https://qgis.org>. Acesso em: 10 dez. 2025.

RODRIGUES, C.; COLTRINARI, L. Geoindicadores de mudanças ambientais: aplicações em estudos geomorfológicos. In: SIMPÓSIO NACIONAL DE GEOMORFOLOGIA, 5., 2004, Santa Maria. **Anais...** Santa Maria: UFSM, 2004. p. 1-15. Disponível em: <https://www.periodicos.rc.biblioteca.unesp.br/index.php/estgeo/article/download/528/1057/0>. Acesso em: 03 ago. 2026.

ROSS, J. L. S. Análise empírica da fragilidade dos ambientes naturais e antropizados. **Revista do Departamento de Geografia**, São Paulo, n. 8, p. 63-74, 1994. Disponível em: https://revistas.usp.br/rdg/pt_BR/article/view/47327. Acesso em: 03 ago. 2026.

STRAHLER, A. N. Quantitative analysis of watershed geomorphology. **Transactions of the American Geophysical Union**, [S. l.], v. 38, n. 6, p. 913–920, 1957. Disponível em: <https://agupubs.onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1029/TR038i006p00913>. Acesso em: 03 ago. 2026.

TRICART, J. **Ecodinâmica**. Rio de Janeiro: IBGE, 1977.

VALERIANO, M. M. **Topodata**: guia para utilização de dados geomorfológicos locais. São José dos Campos: INPE, 2008.