

ANÁLISE TEMPORAL DE UMA ENCOSTA EM SITUAÇÃO DE RISCO NO BAIRRO DE NOVA DESCOBERTA – RECIFE/PE

TEMPORAL ANALYSIS OF A SLOPE AT RISK IN THE NEIGHBORHOOD OF NOVA DESCOBERTA- RECIFE/PE

ANÁLISIS TEMPORAL DE UNA CUESTA EM SITUACIÓN DE RIESGO EM EL BARRIO DE NOVA DESCOBERTA – RECIFE/PE

Rayane Gabriella Pereira da Silva

Mestranda em Engenharia Civil pela Universidade de Pernambuco (UPE/POLI), Recife-PE, Brasil
E-mail: rgps@poli.br

Kaliny Patricia Vaz Lafayette

Doutora em Engenharia Civil, Docente Permanente do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil (PEC) da Escola Politécnica de Pernambuco (Poli/UPE), Recife-PE, Brasil
E-mail: klafayette@poli.br

Amaury Gouveia Pessoa Neto

Mestre em Engenharia Civil pela Universidade de Pernambuco (UPE/POLI), Recife-PE, Brasil
E-mail: agpn@poli.br

RESUMO: Ao longo dos anos danos por deslizamento de terra tem se tornado cada dia mais frequentes principalmente no período de inverno. Apesar de terem origem natural, são influenciados pelas ações antrópicas, como: cortes irregulares no talude, remoção da cobertura vegetal, deposição irregular de resíduos, entre outros. Diante disso, o presente trabalho tem como objetivo analisar a evolução temporal de uma encosta em situação de risco no bairro de Nova Descoberta-Recife/PE. Foram obtidos os mapas através de imagens aéreas da área em estudo para os anos de 1975, 1997, 2007, 2013 e 2023. Utilizando o *software* QGIS (3.10.9) foi possível realizar uma análise quantitativa encontrando os valores das áreas correspondentes a cada tipologia de cobertura ao longo do tempo. Os resultados mostraram em um recorte temporal de 48 anos que houve um aumento da área urbana de 305,56%, e uma redução da área de vegetação natural em 65,41% e de área de solo exposto em 60,87% e um aumento de 33,33% do eixo viário. Portanto, existe a necessidade de aumento da cobertura vegetal, monitoramento da área, políticas públicas para redução dos danos principalmente educação ambiental para moradores em situação de risco.

Palavras-chave: Ações antrópicas, Análise Temporal, Áreas de risco.

ABSTRACT: Over the years, landslide damage has become more and more frequent mainly in the winter period. Despite having a natural origin, they are influenced by anthropogenic actions, such as: irregular cuts in the slope, removal of vegetation cover, irregular deposition of waste, among others. Therefore, this study aims to analyze the temporal evolution of a slope at risk in the neighborhood of Nova Descoberta-Recife/PE. The maps were obtained through aerial images of the area under study for the years 1975, 1997, 2007, 2013 and 2023. Using the QGIS (3.10.9) software, it was possible to perform a quantitative analysis by finding the values of the areas corresponding to each type of coverage over time. The results showed, in a time frame of 48 years, that there was an increase in the urban area of 305,56%, and a reduction in the area of natural vegetation in 65,41% and the area of exposed soil in 60,87% and an increase of 33,33% of the road axis. Therefore, there is a need for increased vegetation cover, monitoring of the area, public policies to reduce damage, especially environmental education for residents at risk.

Keywords: Anthropic actions, Temporal analysis, Risk areas.

RESUMEN: A lo largo de los años, el daño por deslizamiento de tierra se ha vuelto cada día más frecuente, especialmente en el período invernal. A pesar de tener origen natural, son influenciados por las acciones antrópicas, como: cortes irregulares en la cuesta, remoción de la cubierta vegetal, deposición irregular de residuos, entre otros. Ante esto, el presente trabajo tiene como objetivo analizar la evolución temporal de una cuesta en situación de riesgo en el barrio de Nova Descoberta-Recife/PE. Se obtuvieron los mapas a través de imágenes aéreas del área en estudio para los años 1975, 1997, 2007, 2013 y 2023. Utilizando el programa QGIS (3.10.9), fue posible realizar un análisis cuantitativo encontrando los valores de las áreas correspondientes a cada tipología de cobertura a lo largo del tiempo. Los resultados mostraron en un recorte temporal de 48 años que hubo un aumento del área urbana de 305,56%, y una reducción del área de vegetación natural en 65,41% y de área de suelo expuesto en 60,87% y un aumento de 33,33% del eje vial. Por lo tanto, existe la necesidad de aumento de la cobertura vegetal, monitoreo del área, políticas públicas para la reducción de los daños, principalmente educación ambiental para residentes en situación de riesgo.

Palabras-clave: Acciones antropogénicas, Análisis Temporal, Áreas de riesgo.

1. INTRODUÇÃO

A ocupação desordenada é um problema cada vez mais comum nos grandes centros urbanos. Muitas vezes, essa ocupação desordenada ocorre de forma acelerada e irregular, sem um planejamento adequado (CHEN; WANG; ZENG, 2023; SILVA; GUEDES, 2023; PARMA, 2023). O crescimento demográfico não é acompanhado pelo desenvolvimento da infraestrutura urbana, fazendo com que a parcela mais pobre da população sofra as consequências provocadas pela ocupação dessas áreas propensas a riscos (ZAMBON; SALVATI, 2018; SILVA *et al.*, 2019; SHEN *et al.*, 2022).

No Brasil é muito comum encontrar ocupações irregulares, inclusive na Região Metropolitana do Recife (RMR), principalmente nas periferias da cidade e locais de encostas. Os riscos nessas áreas são agravados pelas ações antrópicas, aliados as precipitações pluviométricas que podem comprometer ainda mais esses locais. O crescimento urbano na área promoveu fortes alterações superficiais, constituindo fator preponderante na análise dos riscos (LIMA *et al.*, 2021; SANTOS; SILVA; VITAL, 2023).

Os danos por deslizamento de terra e/ou alagamento, apesar de terem origem natural, podem e são afetadas pelas ações antrópicas, como: diminuição da cobertura vegetal, deposição irregular de resíduos, cortes irregulares nos taludes, entre outros, que aumentam a quantidade dos eventos, sendo muito recorrente no Brasil (SANTOS *et al.*, 2020). Estas ações antrópicas em áreas de risco ocorrem, em sua maioria, pela movimentação populacional e novas construções de moradias. Logo, é importante detalhar a movimentação urbana e a mudança na cobertura do solo, para descrever a gestão mitigadora dos impactos ambientais (PATRA *et al.*, 2018).

Nesse contexto, sendo o Nordeste a segunda maior região com populações em áreas de risco, o estudo tem como objetivo analisar e quantificar o processo de uso e cobertura da terra de uma encosta localizada no bairro de Nova Descoberta, na cidade do Recife-PE, a partir da análise temporal de um recorte temporal de 48 anos.

1.1 Áreas de Risco

A ocupação em áreas de risco é cada vez mais uma característica comum das áreas urbanas e vêm atuando de forma significativa como agente artificial modificador do relevo, acelerando e/ou potencializando o processo natural.

Define-se como área de risco, portanto, aquela que é passível de ser atingida por fenômenos ou processos naturais e/ou induzidos que causem efeito adverso. As pessoas que ocupam essas áreas estão sujeitas a danos à integridade física, além de perdas materiais e patrimoniais. Geralmente, no contexto das cidades brasileiras, essas áreas correspondem a núcleos habitacionais de baixa renda (MINISTÉRIO DAS CIDADES – IPT, 2007).

O risco está relacionado à probabilidade de formação de uma crise, produzida pelos impactos de um perigo sobre um sistema social vulnerável. Está associado também com a imprevisibilidade ou a probabilidade de algo acontecer, e que pode ser agravado por diversos fatores que ocasionem danos ou inconvenientes ao cenário. Dependendo da forma com a qual o homem se organiza no espaço, as situações de vulnerabilidade ou suscetibilidade sofrem variações, podendo ser agravadas dependendo da realidade de cada indivíduo (GIRÃO; RABELLO; ZANELLA, 2018).

À medida que a ocupação urbana se desenvolve em áreas de riscos, há um desrespeito à legislação e a locais sensíveis à preservação ambiental. Esse também é um dos principais fatores relacionados com a redução da área de vegetação dos locais considerados como áreas de risco, ocasionando maior vulnerabilidade a desabamentos, os quais podem gerar consequências catastróficas, principalmente quando potencializados pela chuva (FREITAS *et al.*, 2013;

SCHLEE, 2015).

São diversos os fatores relacionados com os processos de instabilidade de uma encosta que podem ser intensificados com o uso e a ocupação inadequados da área. O uso inadequado do solo, como a construção de edificações em áreas de risco, também pode tornar a encosta mais vulnerável, já que pode aumentar a carga exercida sobre o solo. Outro fator importante é a infiltração de água no solo que pode acumular na zona saturada, criando um aumento da poropressão, o que pode gerar uma diminuição da tensão efetiva e, conseqüentemente, uma perda de estabilidade da encosta (GERSCOVICH, 2016; ANDRADE; CALHEIROS; CONCEIÇÃO, 2016; LEITE; PINHEIRO; PAMBOUKIAN, 2019; CARVALHAIS *et al.*, 2019).

Áreas sob situação de risco representam localidades mais vulneráveis, com sensibilidade de sofrer conseqüências diretas de ações antrópicas ou naturais (ANDRADE; CALHEIROS; CONCEIÇÃO, 2018). Esse panorama é observado frequentemente em encostas na Região Metropolitana de Recife-PE, situação que atraiu nossa atenção para uma análise mais aprofundada no local.

Nos últimos anos, acidentes como deslizamento de terra tem se tornado cada vez mais frequentes. Em 2022, mais de 130 pessoas foram vítimas das fortes chuvas que atingiram o Estado pernambucano e a grande maioria das mortes foram de deslizamento de encostas. Tornar as populações menos vulneráveis é aumentar sua percepção de risco e resiliência para enfrentamento de desastres naturais (SAITO; SORIANO; LONDE, 2015). Essa vulnerabilidade expressa a qualidade do momento, de uma condição atual e de extrema dinâmica.

1.2 Movimentos de Massa

Os movimentos gravitacionais responsáveis pelo transporte de solo, sedimentos, vegetação e rocha, que são potencializados pela ação da água. Este deslocamento ocorre pelo colapso, que pode ser favorecido pelas: características geométricas, como altura e declividade, vegetação, estabilidade da encosta, ação antrópica, entre outros (ARAÚJO, 2017; CARVALHAIS *et al.*, 2019; SANTOS *et al.*, 2020; XIA *et al.*, 2022).

Há dois tipos de agentes influenciadores para que as movimentações em massa ocorram, sendo eles: agentes predisponentes e agentes efetivos. O que difere os mesmos é que o primeiro ocorre mediante aos fatores naturais intrínsecos as condições geológicas e o segundo é o conjunto de elementos que são diretamente responsáveis, incluindo as ações antrópicas (RECKZIEGEL, 2012).

Em relação aos agentes predisponentes, pode-se dizer que as chuvas são consideradas um dos principais deflagradores dos movimentos de massa. O Brasil por ter um meio físico propício a tempos chuvosos, torna-se um país com grande potencial de desastres naturais (SOUZA *et al.*, 2019). Portanto, é importante o entendimento do movimento de massa e a sua periculosidade para a população, já que diversos pontos do Brasil sofrem com esse problema, gerando perdas econômicas, ambientais e, em alguns casos, perdas de vidas (CARVALHAIS *et al.*, 2019).

As possíveis causas para a movimentação das massas podem ser divididas em 7 tipos: diminuição da resistência, geologias desfavoráveis, interferências geológicas, interferências hídricas, interferências antrópicas, remoção da vegetação e a ação gravitacional, que influem em todos os outros aspectos (PAULA; ROCHA, 2019), onde as causas por remoção vegetal e interferência antrópica, que somado aos fatores naturais, tem se destacado como influência determinante para que ocorram os deslizamentos de terra.

1.3 Fatores que Influenciam no Movimento das Massas

A ocorrência de deslizamentos de encostas não é novidade no Brasil, mas a frequência e intensidade desses eventos tem aumentado consideravelmente ao longo dos últimos anos, que podem ter relação com episódio intenso de chuvas como por exemplo, os deslizamentos de terra, enchentes, inundações, perda de cultivos, de patrimônio e de vidas humanas (OLIVEIRA *et al.*, 2023). Entre 2022 e os primeiros dois meses de 2023, Recife, Santa Catarina e São Paulo, foram particularmente afetados por este tipo de desastre natural devido, à sua localização geográfica, topografia e densidade populacional (MORAIS; FERNANDES, 2023; PARMA, 2023; MACEDO; SANDRE, 2022; SILVA; BARROSO; POLIVANOV, 2022).

O Brasil tem um clima com altos índices de precipitação. Nos momentos em que ocorrem grandes precipitações, o solo facilmente fica saturado e a probabilidade de rompimento é ainda maior. A vegetação, que reduz o processo de infiltração, é responsável por manter a coesão do solo, e quando retirada, o índice de infiltração e acúmulo de água aumentam, a coesão diminui, aumentando a probabilidade de ocorrer às movimentações de massa (PEREIRA *et al.*, 2020; PEDROSA; ALMEIDA; LAFAYETTE, 2020; LEITE; PINHEIRO; PAMBOUKIAN, 2019).

Os deslizamentos são decorrentes de um conjunto de fatores (agentes) que atuam no ambiente ao longo do tempo, sendo determinados ou afetados por eventos naturais e por interferências humanas (VEDOVELLO; MACEDO, 2007; ORIGGE *et al.*, 2020; PARMA, 2023). É importante ter o conhecimento das causas primárias e secundárias (Figura 1) e dos agentes condicionantes dos deslizamentos (Figura 2) para a adoção de medidas preventivas e corretivas.

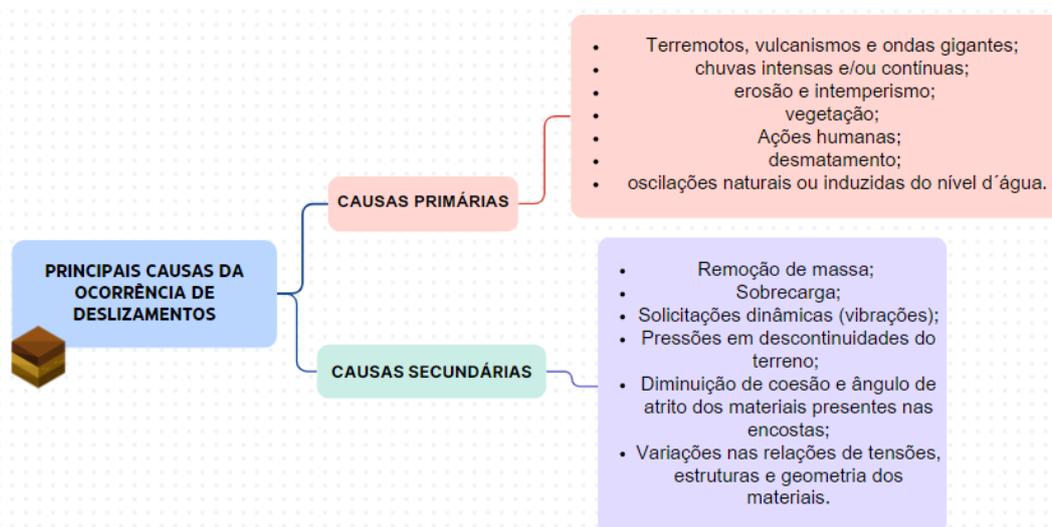


Figura 1: Causas da ocorrência de deslizamentos. Fonte: Adaptado de Vedovello e Macedo (2007).

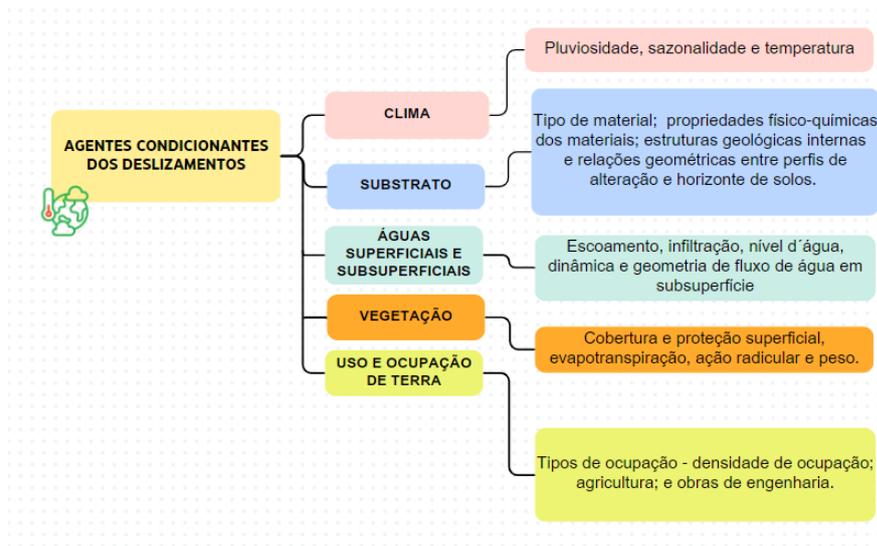


Figura 2: Agentes condicionantes dos deslizamentos. Fonte: Adaptado de Vedovello e Macedo (2007).

2. LOCALIZAÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

O Município de Recife, capital do estado de Pernambuco, está localizado no Nordeste do Brasil na região costeira (Figura 3), ocupando uma área territorial de 218,843 km² e população estimada de 1.661.017 habitantes (IBGE, 2018). A área territorial da cidade é dividida em 67,43% de morros, 23,26% de planícies, 9,31% de aquáticas e 5,58% de Zonas Especiais de Preservação Ambiental – ZEPA (PREFEITURA DA CIDADE DO RECIFE, 2023). Limita-se ao norte com as cidades de Olinda e Paulista, ao sul com Jaboatão do Guararapes, a leste com o Oceano Atlântico e a oeste com São Lourenço da Mata e Camaragibe.

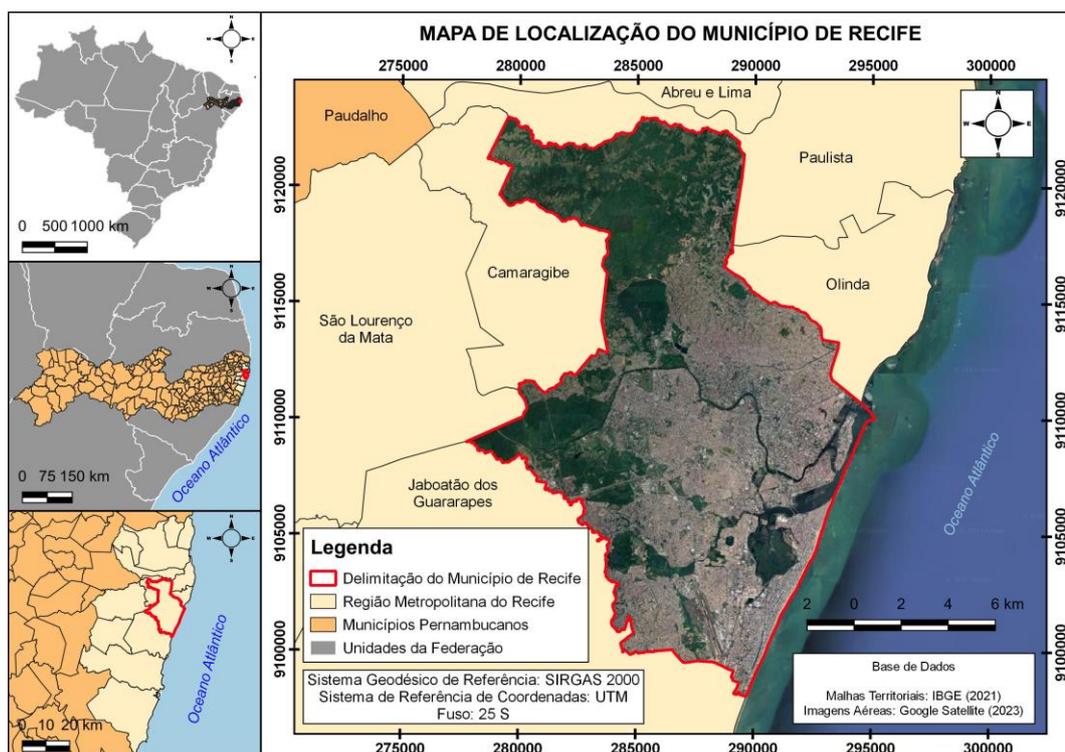


Figura 3: Mapa de Localização da Cidade de Recife. Fonte: Elaborado pelos autores.

Conforme o Plano Diretor da Cidade do Recife, a área territorial da cidade é composta de muitas encostas e, atualmente, encontram-se identificados cerca de 10.000 pontos de risco nas áreas de morros da cidade do Recife, com maior incidência nos morros de Casa Amarela e Ibura (PREFEITURA DA CIDADE DE RECIFE, 2023). Xavier *et al.* (2019) relata que a maior parte dos morros da Região Metropolitana de Recife foi ocupada por populações de baixa renda em sua maioria, devido à apropriação do mercado imobiliário das áreas mais favoráveis à construção de moradia.

A cidade de Recife é dividida em 94 bairros e seis regiões administrativas, as RPA's I, II, III, IV, V VI (PREFEITURA DA CIDADE DE RECIFE, 2023). A área de estudo está situada na RPA III, no bairro de Nova Descoberta, especificamente na Rua Córrego do Leôncio, com latitude de 8° 00' 10.0" S e longitude de 34° 55' 39" W (Figura 4).

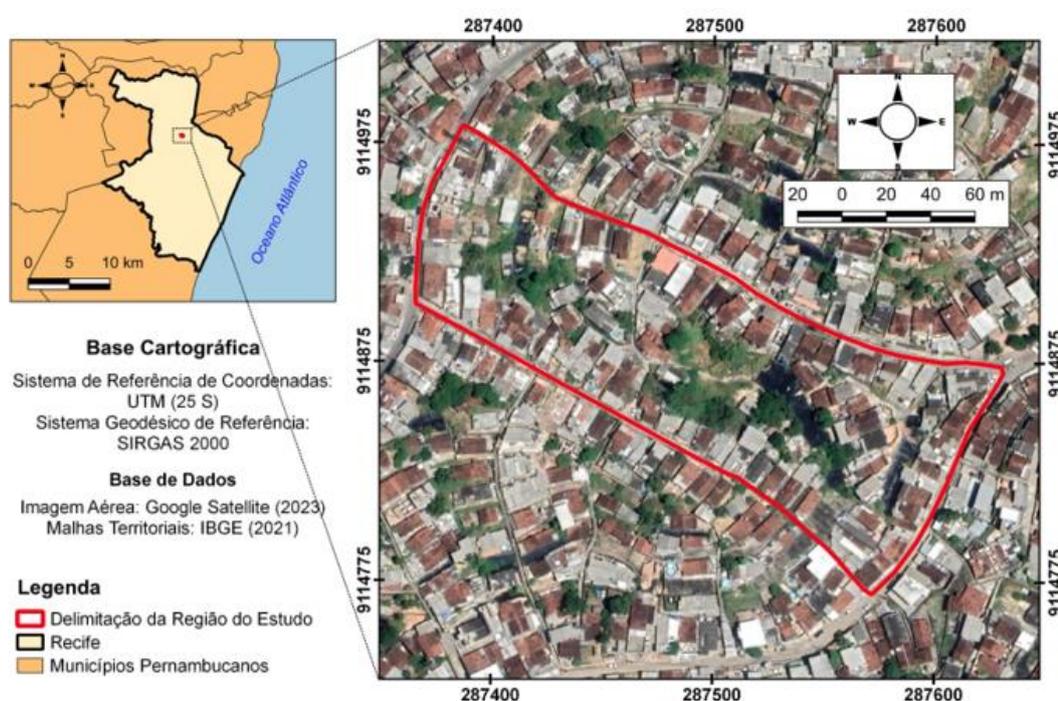


Figura 4: Mapa de localização da região de estudo. Fonte: Elaborado pelos autores.

O bairro de Nova Descoberta integra a Microrregião 3.3 e conta com uma área territorial de 1,8 km² e 34 mil habitantes aproximadamente. O bairro está entre os 10 mais populosos de Recife (PREFEITURA DA CIDADE DO RECIFE, 2023; Xavier *et al.*, 2019).

A encosta em estudo possui ocupações irregulares em trechos considerados inapropriados (base e crista da encosta), uma vez que podem apresentar riscos geotécnicos a deslizamentos. Trata-se de ocupações precárias e desprovidas de infraestrutura e que podem aumentar a vulnerabilidade de áreas naturalmente mais frágeis e potencializar a ocorrência de processos morfodinâmicos.

2.1 Características Geológicas

2.1.1 Formação Barreiras

Quanto à geologia do território da Cidade de Recife, constituiu-se de um sedimento fluvial, areno-argiloso, de coloração creme e avermelhada, dependendo da intensidade da oxidação do ferro. Constitui uma extensa cobertura sedimentar que ocupa toda a porção norte do município, restringindo-se aos topos do relevo mais para o sul. Recoberta por solo residual profundos do tipo Argissolos e Latossolos, onde a unidade geológica, em quase sua totalidade (FONSÊCA; DE BARROS CORRÊA; DA SILVA, 2016; BANDEIRA, 2010; ALHEIROS *et al.*, 1988).

Os sedimentos da Formação Barreiras são considerados inconsolidados e caracterizados por camadas sub-horizontais de granulometria diferenciada, associadas com processos fluviais, considerada a unidade geológica mais expressiva da costa brasileira. Esta unidade geológica possui muitas fácies sedimentares e o entendimento de cada uma um deles é fundamental. (BAÍÁ *et al.*, 2023; DOS SANTOS; COUTINHO, 2023; SANTOS; SILVA; VITAL, 2023).

As camadas que a constituem são mais arenosas na base, e passam em direção ao topo para pacotes onde se intercalam camadas arenosas e argilosas, típicas de depósitos por enxurradas (leques aluviais). As areias dessa formação mostram um alto conteúdo de feldspatos, os quais, sujeitos aos processos de argilização sob o clima quente e úmido, favorecem episódios de deslizamentos (FILGUEIRA; VITAL; LUCENA, 2023; CAMARGO *et al.*, 2023; FONTOURA; COUTINHO; DA SILVA, 2022).

Uma análise realizada a partir do ensaio de Lupa Binocular mostraram que no geral, o solo da Formação Barreiras indica, que as amostras apresentam grãos de areia mal moderadamente selecionados com a presença do mineral quartzo em sua composição, confirmando os altos teores de SiO_2 encontrado em análises químicas. Sobre a cor, há predominância da hialina, apresentando também grãos esbranquiçados e opacos (FONTOURA; COUTINHO; DA SILVA, 2022).

A Formação Barreiras que se concentra basicamente ao norte do Lineamento Pernambuco se estende ao longo do litoral brasileiro e tem sido objeto de diversas pesquisas, devido sua extensão e variabilidade espacial, além de se encontrar numa região intensamente povoada e de elevado interesse econômico (FREIRE *et al.*, 2022). É a unidade geológica sobre a qual está localizada o bairro de Nova Descoberta. A figura 5 apresenta as principais unidades geológicas da Cidade de Recife.

É na Formação Barreiras em que se observa a maior incidência de casos de deslizamentos e erosões na RMR, particularmente em Recife, Camaragibe, Olinda e Jaboatão dos Guararapes, pelo fato de essas áreas terem sido adensadas, através de ocupações espontâneas ou informais (FONSÊCA, DE BARROS CORRÊA; DA SILVA, 2016; BANDEIRA, 2010; DA SILVA; COUTINHO, 2007; ALHEIROS *et al.*, 1988). A figura 6 ilustra o afloramento de Formação Barreiras no Município de Recife.

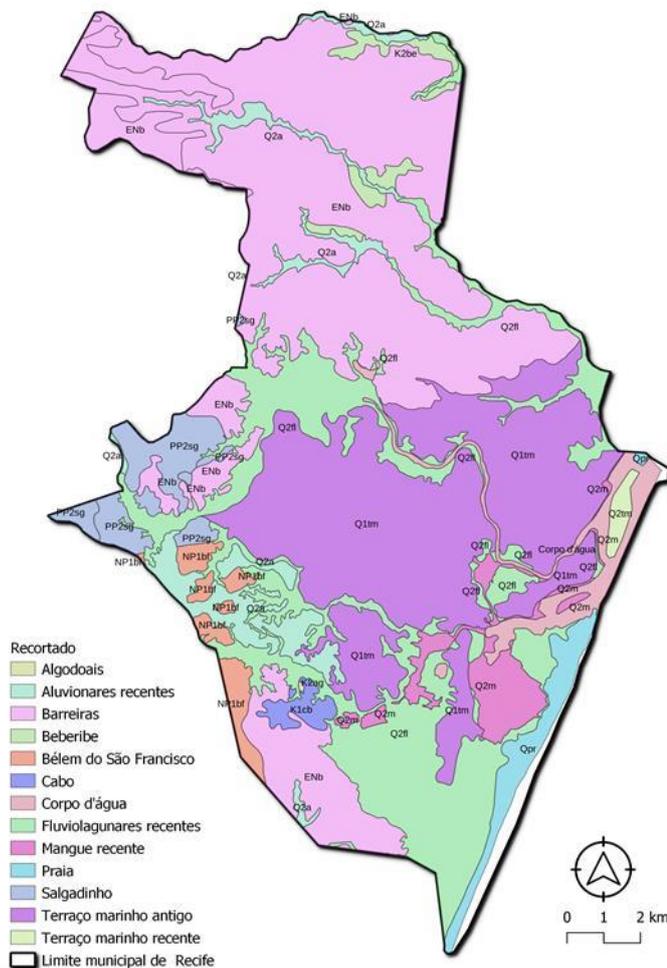


Figura 5: Principais Unidades Geológicas da Cidade de Recife. Fonte: Adaptado de CPRM (2001).



Figura 6: Afloramento de Formação Barreiras no Município de Recife. Fonte: Elaborado pelos autores.

2.1.2 Clima, Vegetação e Relevo

A Região Metropolitana do Recife (RMR), o período chuvoso se concentra entre os meses de março e julho, apresentando assim uma estação seca no verão e chuvosa no inverno (SILVA *et al.*, 2016). O clima da cidade se apresenta como tropical quente e úmido, pela classificação Köppen, e a temperatura média anual varia entre 25°C e 27°C.

A vegetação é constituída por Floresta Tropical (Mata Atlântica), Campos de Várzea, Restinga e Mangues, atualmente devastadas devido aos aterros e extração ilegal de madeira (BARBOSA, 2010). A vegetação original de Mata Atlântica foi desmatada e substituída por trechos de solos expostos e vegetação secundária de pequeno porte (Xavier *et al.*, 2019).

A geomorfologia da cidade do Recife está dividida nas seguintes unidades (PEDROSA, 1995; DA SILVA.W; JÚNIOR; DA SILVA.O, 2018):

- Modelado Cristalino: Onde o relevo predominante é de colinas, com morfologia irregular, apresentando cotas quase sempre superiores a 100m.
- Tabuleiros Costeiros: Representam um vasto glació detritico, com altitudes geralmente entre 40-100m, com interflúvios de topos aplainados. Nos sopés dos tabuleiros costeiros, se formaram rampas de colúvio provenientes da degradação do próprio tabuleiro.
- Domínio Colinoso: Se caracteriza pela presença de colinas suaves e pouco arredondadas e vales geralmente em forma de U.
- Planície Costeira: É uma unidade bastante complexa, pois representa um ambiente de transição entre os fenômenos continentais e marinhos, por isso foi subdividida em cinco unidades, são elas terraços fluviais, terraços marinho superiores, terraços marinho inferiores, baixios de marés e alinhamento de cordões litorâneos e flechas litorâneas.
- Bancos de Arenito e Recifes de corais: Ocorrem dispostos paralelamente ao litoral por longos trechos, formando normalmente duas ou três faixas de bancos apresentando em média 20-60 cm de largura por 3-4m de espessura.

O relevo dos bairros em estudo são os tabuleiros costeiros (Formação barreiras) e os terraços fluviais da planície costeira (sedimentos aluviais recentes).

As planícies costeiras abrangem uma área significativa do estado de Pernambuco compreendendo um conjunto de ambientes de deposição fluviomarina, são marcados por extensos manguezais; praias arenosas e terraços marinhos; e os recifes de arenito que caracterizam o litoral de Pernambuco (TORRES; PFALTZGRAFF, 2014).

3. MATERIAIS E MÉTODOS

A metodologia usada na pesquisa, conforme a figura 7, teve como base inicial a definição da área de estudo, que foi motivada por deslizamentos de encostas recorrentes no local nos anos de 2021 e 2022, contribuindo com o diagnóstico das ações antrópicas que impactaram o local.

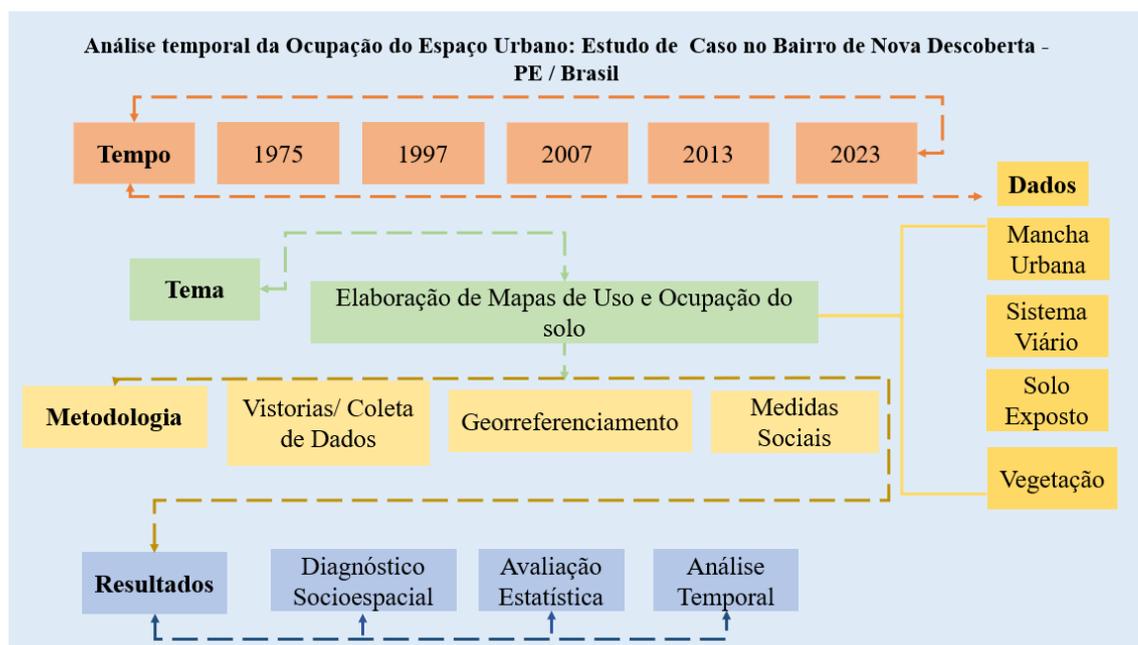


Figura 7: Fluxograma do Modelo Conceitual da Pesquisa. Fonte: Elaborado pelos autores.

3.1 Coleta de dados

Com o objetivo de realizar uma análise espaço-temporal da área, foram adquiridas imagens aéreas do local para os anos de 1975, 1997, 2007, 2013 e 2023. Para os anos de 1975 e 1997, foram obtidas ortoimagens, em formato digital (TIFF), pela Agência Estadual de Planejamento e Pesquisas de Pernambuco (CONDEPE/FIDEM), oriundas de levantamentos aerofotogramétricos, sendo as de 1975 produzidas no Sistema Geodésico de Referências (SGR) Córrego Alegre e as de 1997 no SAD69, ambas no Sistema de Projeção UTM (25 S). Com o auxílio do ESIG (Informações Geográficas do Recife), plataforma SIGWeb monitorada pela Prefeitura da Cidade do Recife (PCR), foram obtidas as ortoimagens relativas aos anos de 2007 e 2013, que também foram produzidas por levantamentos aerofotogramétricos, porém no Sistema de Referência Geocêntrico das Américas (SIRGAS 2000) e no Sistema de Projeção UTM (25 S). Por fim, com auxílio do Google Earth versão 7.3.2, foram obtidas as imagens aéreas para o ano de 2023, oriundas de captura de satélite, no SGR WGS84.

Foi realizada uma visita acompanhada pela equipe técnica da Defesa Civil de Recife, onde foi constatado “*in situ*” e através de fotografias, os avanços (ver comentário ao lado) dos processos erosivos, evidências de movimentação como cicatrizes de escorregamentos, trincas e muros inclinados, entre outros. Essa análise permitiu determinar a magnitude dos processos atuantes na região, bem como, classificar o risco com base na seguinte escala, de acordo com os critérios apresentados no Quadro 1:

Quadro 1 - Formas de uso do solo em áreas urbanas.

Grau de probabilidade	Descrição para processos de escorregamento
<ul style="list-style-type: none"> • R1 (Baixo ou sem risco) 	Os condicionantes geológico-geotécnicos predisponentes e o nível de intervenção no setor são de baixa ou nenhuma potencialidade para o desenvolvimento de processos de escorregamentos e solapamentos; não há indícios de desenvolvimento de processos de instabilização de encostas e de margens de drenagens.
<ul style="list-style-type: none"> • R2 (Médio) 	Os condicionantes geológicos-geotécnicos predisponentes e o nível de intervenção no setor são de média potencialidade para o desenvolvimento de processos de escorregamentos e solapamentos; observa-se a presença de alguma(s) evidencia(s) de instabilidade.
<ul style="list-style-type: none"> • R3 (Alto) 	Os condicionantes geológicos-geotécnicos predisponentes e o nível de intervenção no setor são de alta potencialidade para o desenvolvimento de processos de escorregamentos e solapamentos; observa-se a presença de significativa(s) evidência(s) de instabilidade
<ul style="list-style-type: none"> • R4 (Muito alto). 	Os condicionantes geológicos-geotécnicos predisponentes e o nível de intervenção no setor são de muito alta potencialidade para o desenvolvimento de processos de escorregamentos e solapamentos; as evidências de instabilidade.

Fonte: adaptado do Ministério das Cidades e IPT (2007).

É uma região com densidade ocupacional considerada alta, apresentando edificações de uso residencial e comercial e com ausência de sistemas básicos de infraestrutura como: drenagem e esgotamento sanitário adequados, lançamentos indiscriminados de resíduos sólidos e ocupações irregulares no entorno, como apresenta a figura 8, que em conjunto têm sido fatores determinantes que potencializam o risco de novos movimentos de massa.



Imagem A: Deposição irregular de resíduos sólidos na Avenida Josélia. Data da imagem: 15/05/2023

Imagem B: Deposição irregular de resíduos sólidos na Avenida Josélia. Data da imagem: 02/06/2023

Imagem C: Construções irregulares na Rua Água Branca. Data da imagem: 02/2019

Imagem D: Deposição irregular de efluente doméstico não tratado e resíduos sólidos no sistema de drenagem urbana na Avenida Josélia. Data da imagem: 11/2015

Figura 8: Registros de fatores que potencializam o risco a movimentos de massa na região do estudo.

Fonte: Elaborado pelos autores.

3.2 Identificação do uso e cobertura da terra e elaboração dos mapas temáticos

Para esta etapa, a partir das imagens aéreas adquiridas, foi realizada a observação na configuração do uso e cobertura da terra da região para os anos em estudo, o que possibilitou definir as seguintes tipologias: área urbanizada, áreas de vegetação natural, área de solo exposto e eixo viário. Inicialmente, no *software* livre QGIS (versão 3.10.9), os sistemas de coordenadas e geodésicos das imagens foram reprojatados, respectivamente, para UTM (25S) e SIRGAS 2000. Em seguida, foi realizada a delimitação das referidas classes para cada ano. Para essa delimitação, foi criada uma camada vetorial (*shapefile*) do tipo polígono para cada classe, fundamentada numa análise fotointerpretativa visual das imagens. Vale salientar que o conhecimento da região, através de constatações no local, permitiu aperfeiçoar essa delimitação.

Desta maneira, foi possível quantificar as áreas de cada classe identificada no uso e cobertura da terra através da calculadora de campo disponibilizada pela tabela de atributos de cada camada. O percentual de contribuição de cada classe de uso e ocupação do solo, em relação à área total, foi determinado segundo a Equação 1:

$$A_c(\%) = \frac{A_c}{A_t} \times 100 \quad \text{Equação (1)}$$

Onde:

Ac (%): Percentual de contribuição da área de classe de uso e ocupação do solo;

Ac: Área da classe de uso e ocupação do solo (ha);

At: Área total da região estudada (ha).

Diversas áreas do mercado já atuam com os procedimentos e as técnicas do geoprocessamento, que oferecem maior domínio do espaço analisado, agilidade e subsídio para tomada de decisões (DPI - INPE, 2015).

O georeferenciamento é utilizado atualmente para atender à necessidade de conhecer a distribuição e o comportamento espacial das unidades geomorfológicas, bem como a utilização como base para ações e intervenções administrativas (GOES *et al.*, 2011). Neste sentido, também foram elaborados mapas da topografia (hipsometria e declividade) da região, a partir de um Modelo Digital de Elevação (MDE) oriundo do Programa Pernambuco Tridimensional (PE3D) com resolução de 1 m, sendo possível correlacionar os valores de cotas altimétricas e classes de declividade aos processos erosivos.

A fim de verificar a correspondência entre o aumento de área impermeabilizada da região e as ocorrências de deslizamento, foi realizada uma espacialização de sete ocorrências de deslizamento no mapa de uso e cobertura da terra referente ao período de 2023. Essas ocorrências apresentaram um recorte temporal compreendido entre 14 de maio de 2021 e 12 de abril de 2023 e foram disponibilizadas pela Secretaria Executiva de Defesa Civil da Cidade de Recife (SEDEC).

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

O risco de escorregamentos existe independentemente da intervenção humana, entretanto, a má gestão da ocupação espacial e territorial, pode agravar e/ou acelerar esses processos principalmente na área de risco do bairro de Nova Descoberta, onde há falta de planejamento e fiscalização dos órgãos competentes frente às ocupações da população de baixa renda.

Ao avaliar a área, pode-se identificar que a maior classe de uso é a edificada de forma irregular, ou seja, predominou no bairro o processo de impermeabilização do solo, no qual este material foi classificado como uma areia argilosa, sendo muito suscetível a processos erosivos.

Dessa forma, a impermeabilização do solo reduz as áreas de drenagem das águas superficiais. A exposição do solo e o corte de vegetação facilitam a movimentação do solo, além de permitirem o livre escoamento das águas que funcionam como potencializadores de processos erosivos e deslizamentos.

Através do georreferenciamento das imagens aéreas, foi possível constatar que ocorreram variações em todas as classes de utilização do solo analisadas em um recorte temporal de 48 anos (1975 – 2023), expondo de forma qualitativa as diversas mudanças físicas ocorridas na região, principalmente sobre a forma como a área foi ocupada e o crescimento populacional de maneira inadequada.

A área apresenta alta densidade ocupacional, sendo classificada de “Risco Alto (R3)”, mas foram devido à existência de características indicadoras de escorregamentos, trincas nas moradias, postes e árvores inclinadas, entre outros.

Dessa forma, a partir do georreferenciamento dos mapas, pode-se quantificar a área de estudo em aproximadamente 0,0219km², o que representa 0,010% da área do município de Recife e a partir disso, foi possível analisar e mensurar as tipologias durante este recorte temporal.

No mapa de uso e cobertura da terra para ano de 1975 (Figura 9) é possível perceber o baixo índice demográfico e a área é densamente caracterizada por vegetação nativa. O local apresenta uma pequena representação da mancha urbana.

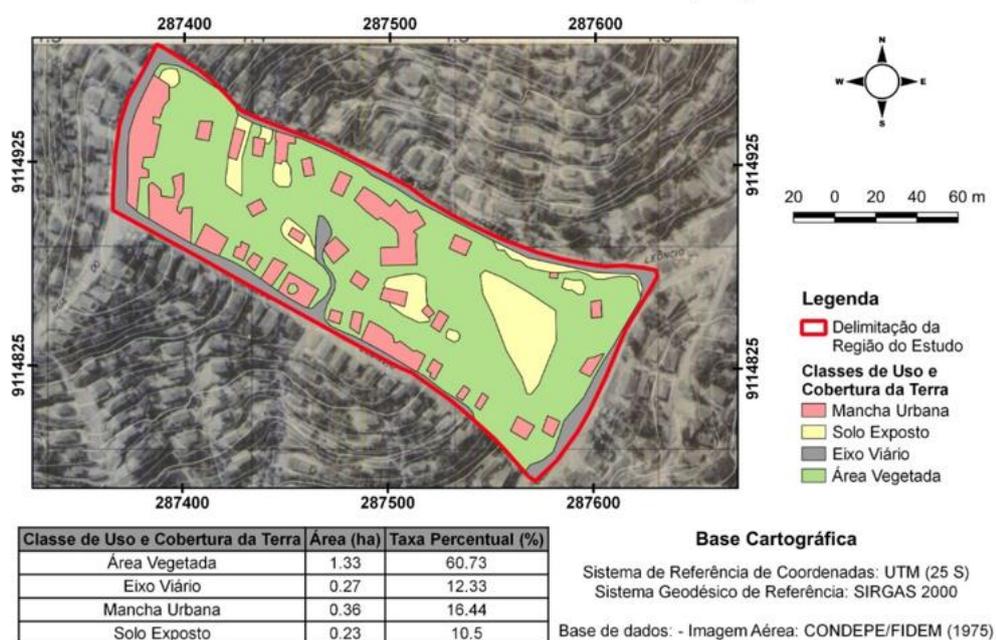


Figura 9: Mapa de uso e cobertura da terra – 1975. Fonte: Elaborado pelos autores.

No ano de 1975 o percentual de cobertura vegetal representava 60,73%, mancha urbana 16,44%, solo exposto 10,50% e eixo viário 12,33% do total. Dessa forma, é possível inferir que para o ano de 1975, portanto, a área apresentava um processo de drenagem e escoamento superficial natural. No ano de 1997, 23 anos após, é possível perceber uma diminuição na variação percentual de 1,83% na cobertura vegetal, que representava 58,90%, enquanto o solo exposto representava 3,20% e a mancha urbana 30,59% (Figura 10).

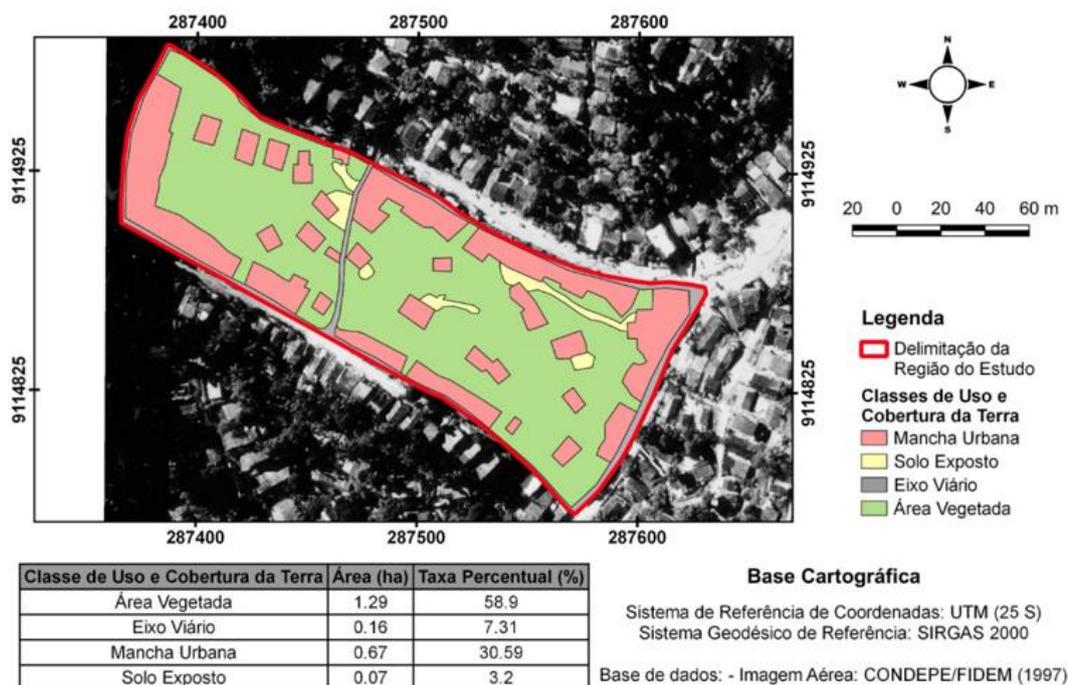


Figura 10: Mapa de uso e cobertura da terra – 1997. Fonte: Elaborado pelos autores.

Houve um crescimento demográfico na área de 86,11% em relação ao ano de 1975, evidenciando o aumento populacional. No entanto, é nítido que o crescimento populacional afetou a cobertura vegetal da área, perfazendo um processo de desmatamento, bem como possíveis intervenções (cortes e aterros) na área em favor da criação de espaço para habitação.

No ano de 2007, o nítido aumento da urbanização (Figura 11), fez perceber que Recife experimentou um crescimento populacional significativo no início dos anos 2000. Observa-se também, que a cobertura vegetal foi de 32,88% enfatizando, que já não tem tanta representatividade na área quando comparados aos dados de mancha urbana (54,79%) e solo exposto (4,57%).

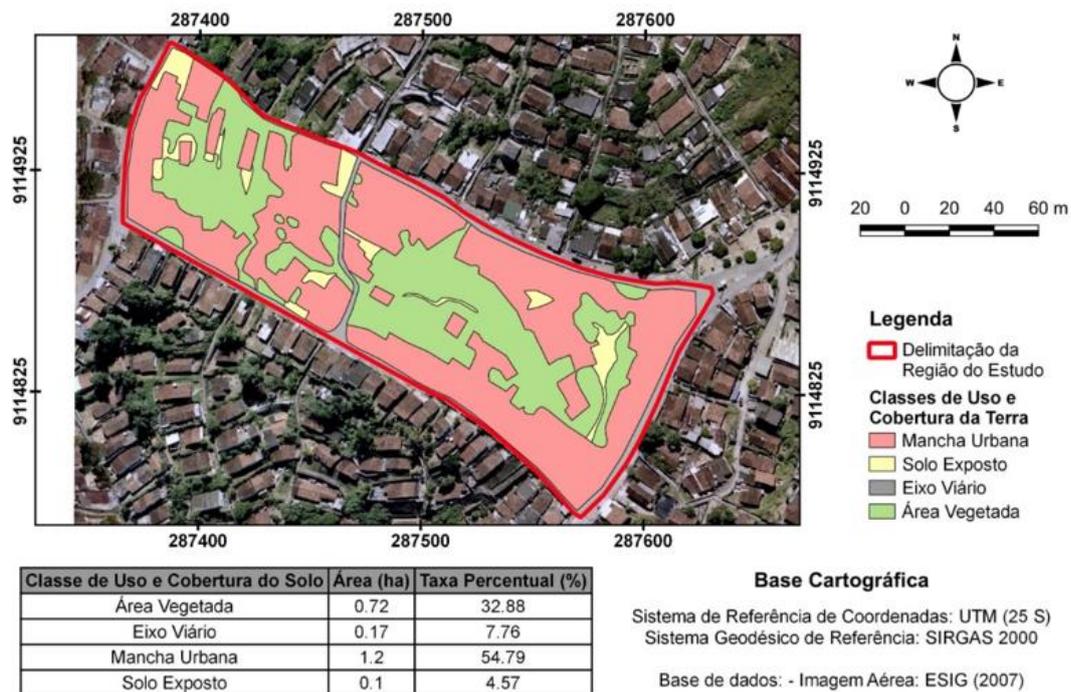


Figura 11: Mapa de uso e cobertura da terra – 2007. Fonte: Elaborado pelos autores.

Para o ano de 2013, a mancha urbana atingiu 61,64%, solo exposto 1,37%. Enquanto o eixo viário teve um aumento percentual de 5,88% se comparado ao ano de 2007 e a área vegetada passou de 32,88% para 28,77% (Figura 12).

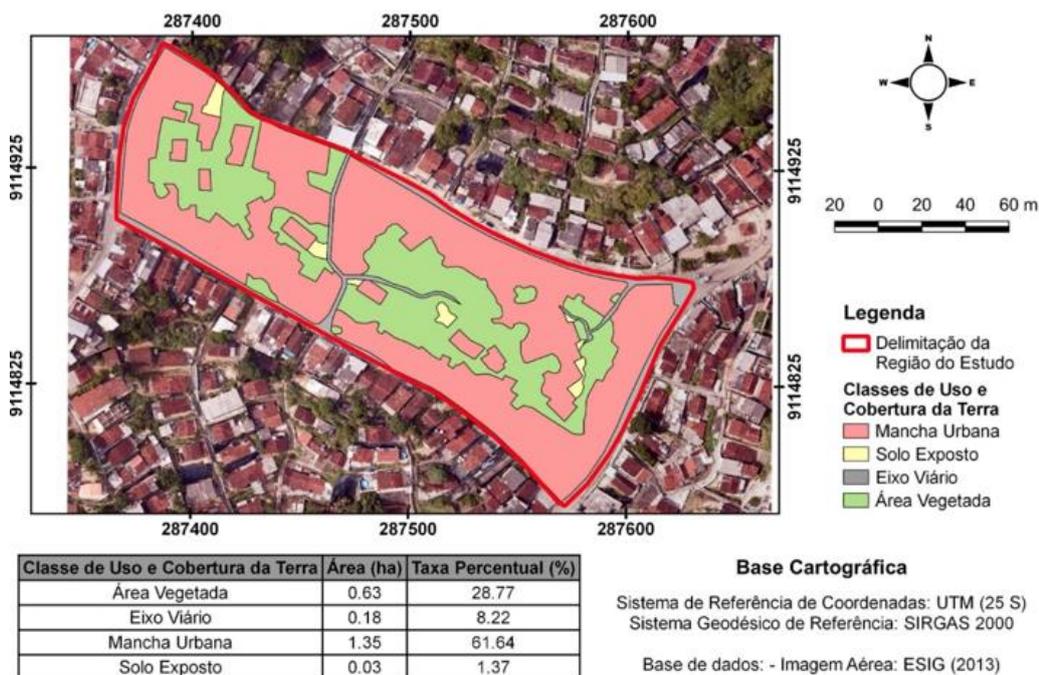


Figura 12: Mapa de uso e cobertura da terra – 2013. Fonte: Elaborado pelos autores.

Para o ano de 2023, tem-se o mapa mais representativo da atual situação da Rua Córrego do Leôncio, no bairro de Nova Descoberta (Figura 13).

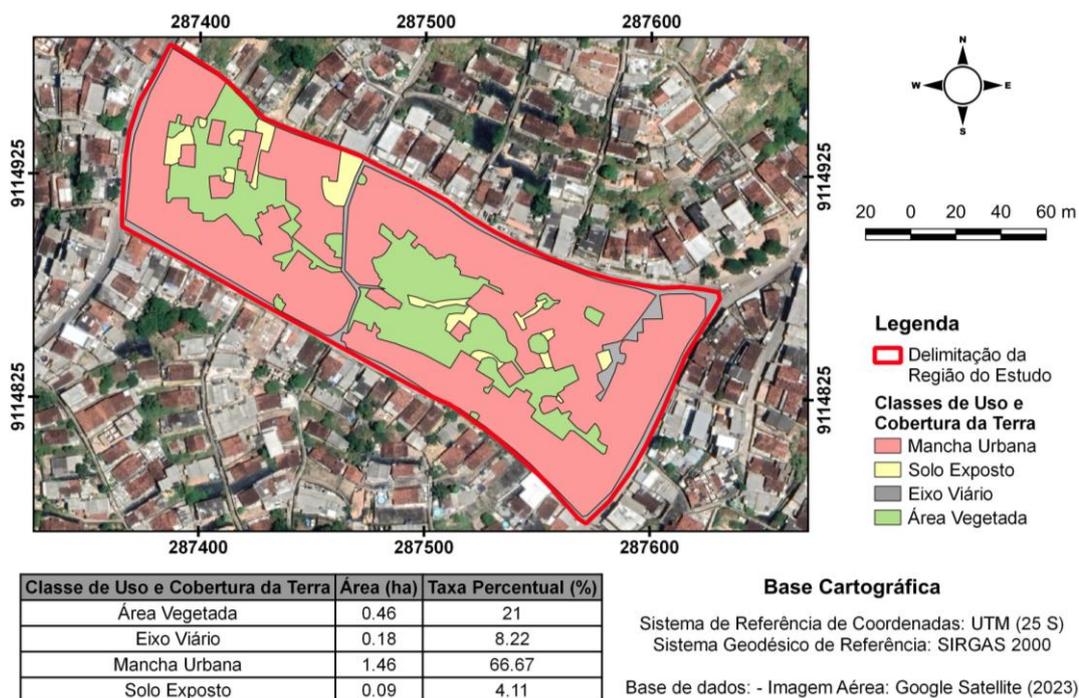


Figura 13: Mapa de uso e cobertura da terra – 2023. Fonte: Elaborado pelos autores.

É visível o domínio da mancha urbana na área bem como a pequena parcela de solo exposto agora condizente apenas com pequenos terrenos que foram desapropriados e ruas de acesso. A cobertura vegetal atual representa 21% do total, já a mancha urbana representa 66,67%, o eixo viário permaneceu com 8,22% o mesmo percentual de 2013, não havendo alteração. E por fim, 4,11% de solo exposto. Assim a cobertura vegetal, não mais representa a maior proporção de tipologia da área, como era observado nos anos anteriores analisados, principalmente se comparado ao ano de 1975.

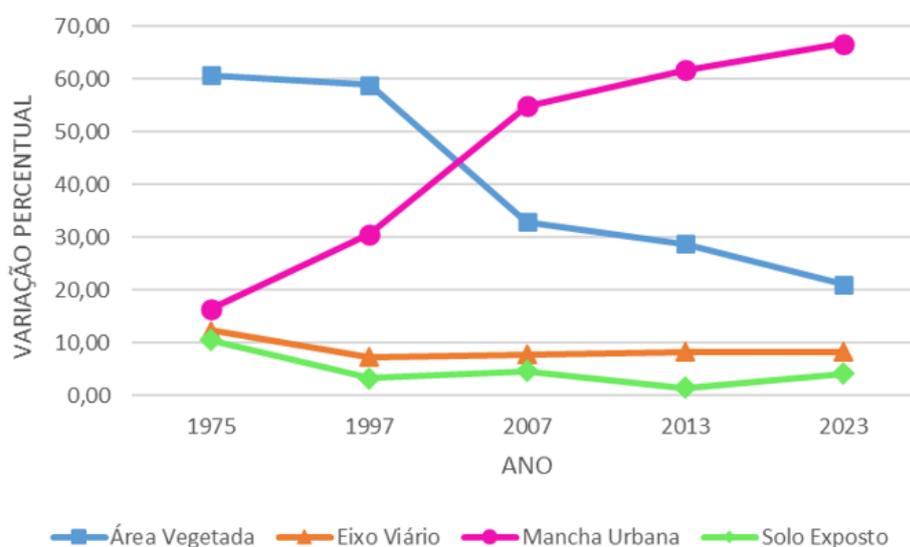
É possível perceber o aumento da ocupação populacional da área assim como a notória redução da vegetação original ao longo de 48 anos de estudo, constatando-se que o crescimento desordenado da zona urbana, associado ao descaso do poder público resultaram em déficits de áreas verdes na cidade de Recife, podendo ser estes os principais fatores que influenciam na instabilidade da encosta, e que evidenciaram o deslizamento que ocorreu nos anos de 2021 e 2022. Esse cenário expõe a situações de risco estas áreas naturais remanescentes, bem como a população instalada, pois desencadeiam perdas sociais e econômicas em cada episódio de deslizamento.

A tabela 1 e a figura 14 mostram a variação da taxa de cobertura da terra em função do tempo. Em geral, a tendência de aumento da expansão urbana é baseada no uso de cobertura vegetal e solo exposto.

Tabela 1 - Classificação do uso e cobertura da terra na região estudada.

Classes de Uso e Cobertura de Terra	1975		1997		2007		2013		2023	
	Área (ha)	Taxa (%)								
Área Vegetada	1,33	60,73	1,29	58,90	0,72	32,88	0,63	28,77	0,46	21,00
Eixo Viário	0,27	12,33	0,16	7,31	0,17	7,76	0,18	8,22	0,18	8,22
Mancha Urbana	0,36	16,44	0,67	30,59	1,20	54,79	1,35	61,64	1,46	66,67
Solo Exposto	0,23	10,50	0,07	3,20	0,10	4,57	0,03	1,37	0,09	4,11
Total	2,19	100,00								

Fonte: Elaborado pelos autores.


Figura 14: Variação percentual no comportamento de uso e ocupação do solo na Rua Córrego do Leôncio em Recife. Fonte: Elaborado pelos autores.

Quanto à identificação da topografia da região foi possível verificar, por meio da figura 15, que as cotas altimétricas variam entre 21,84 m e 74,48 m e, em relação à declividade, grande parte de sua área é classificada entre as classes fortemente ondulada e escarpada. Vojtek e Vojteková (2020) afirmam que regiões que apresentam cotas altimétricas elevadas, geralmente, são mais propensas a deslizamento. Considerando a declividade, Meirelles, Dourado e Costa (2018) descrevem que quanto mais íngreme for identificada uma encosta, maior será o seu grau de instabilidade, favorecendo a ocorrência de deslizamentos.

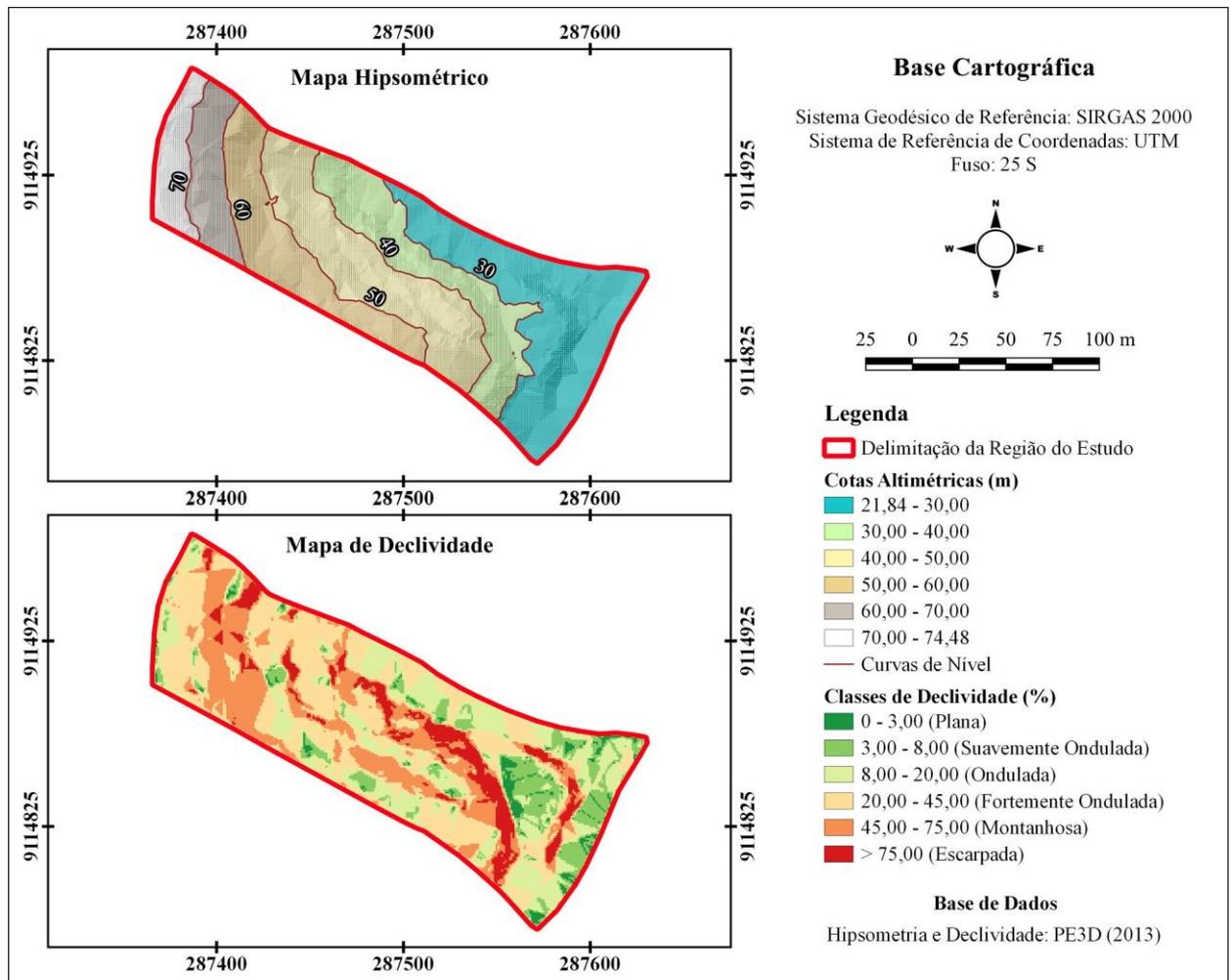


Figura 15: Características topográficas da região do estudo. Fonte: Elaborado pelos autores.

Buscando correlacionar os deslizamentos de terra e o incremento de área impermeabilizada, sete registros desse tipo de desastre ocorridos na região de estudo e disponibilizados pela SEDEC foram espacializados sobre o mapa de uso e cobertura da terra relativo ao ano de 2023. Nessa análise, apresentada na figura 16, foi verificado que aproximadamente 86,00% das ocorrências se localizam nas áreas classificadas como impermeáveis.

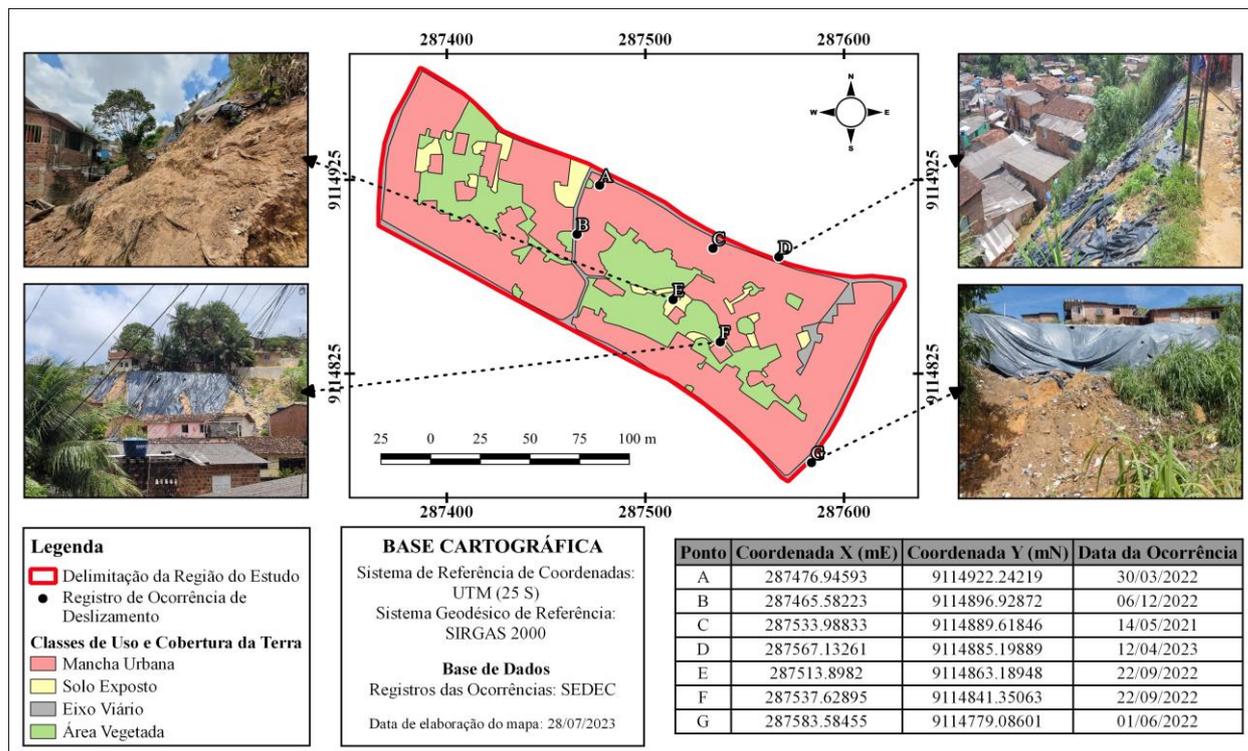


Figura 16: Registros fotográficos de ocorrências de deslizamento na região estudada. Fonte: Elaborado pelos autores.

Diante do exposto, muitas ações educativas vêm sendo realizadas em áreas de risco no município de Recife, dentro de escolas, nas comunidades (Figura 17). Dentre elas o Núcleo Comunitário de Proteção e Defesa Civil (NUPDEC) que é uma proposta educativa prevista na Política Nacional de Proteção e Defesa Civil, para fortalecer a preparação, prevenção da população das áreas de risco. Os núcleos visam à aproximação da Defesa Civil com as comunidades fortalecendo na busca da prevenção dos riscos (PREFEITURA MUNICIPAL DE RECIFE, 2023).



Figura 17: Ações educativas sobre áreas de risco nas escolas municipais da cidade do Recife. Fonte: Elaborado pelos autores.

Para monitoramento das áreas de risco, a Defesa Civil do Recife utiliza o sistema de vistorias E-RIs (Figura 18). Sistema que realiza cadastros de moradores que moram em situações de vulnerabilidade. Um formulário é preenchido, com as informações pessoais do solicitante como por exemplo; nome e endereço completo, telefone e o motivo pelo qual, deseja uma vistoria de um técnico habilitado, como por exemplo, deslizamentos de encostas, queda de árvores, vistorias após sinistros e incêndio etc.

A Defesa Civil também realiza vistorias técnicas nas áreas de maior risco com o objetivo de:

- Indicar alternativas de ações e obras consideradas adequadas à realidade física das áreas;
- Implantar medidas antecipadas que disciplinem o caminho das águas pluviais e servidas, através de obras de drenagens e intervenções nas encostas;
- Envolver e conscientizar a população da necessidade de reduzir os riscos em prol de obter a segurança.

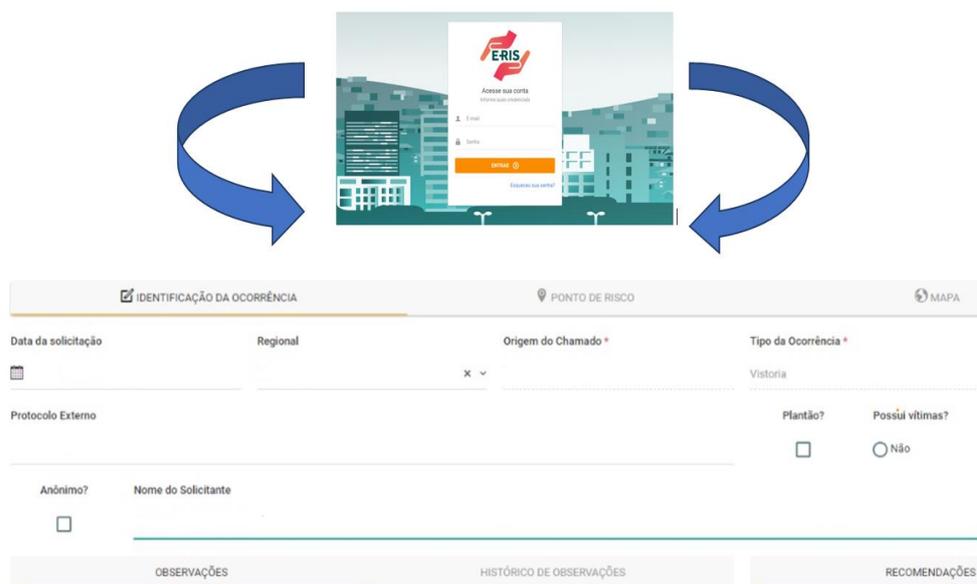


Figura 18: Sistema E-RIs de Vistoria da Defesa Civil do Recife. Fonte: Sistema E-RIs - Defesa Civil do Recife, 2023.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os deslizamentos de terra ocorrem, na maioria das vezes, pela soma de fatores naturais e antrópicos. Foi identificado que o crescimento desordenado da expansão urbana nas áreas de encostas é fator determinante para a ocorrência de desastres naturais, assim como, deslizamentos recentes que ocorreram no bairro de Nova Descoberta, na qual a encosta estudada foi classificada como de “Risco – 3”. Por meio da análise temporal da encosta localizada na Rua Córrego do Leôncio no município de Recife/PE, foi possível identificar e analisar os impactos gerados pela ocupação urbana irregular em um recorte temporal entre os anos de 1975 e 2023.

Foram evidenciados problemas como cortes de taludes, lançamentos indiscriminados, ausência de sistema de drenagem adequado e ocupações irregulares, mostrando o avanço dos processos erosivos do talude e as ações antrópicas como fator determinante para esse problema. Com relação à análise temporal, foi possível verificar que ao longo dos 48 anos, houve um aumento da área urbana de 305,56%, bem como uma diminuição das áreas de vegetação natural em 65,41%, nas áreas de solo exposto em 60,87% e um aumento de 33,33% do eixo viário.

Foi possível perceber que o aumento da área urbana teve seu maior crescimento, entre as análises realizadas nos anos de 2007 e 2023. Esse fato pode estar relacionado ao maior crescimento populacional ocorrido na região no início anos 2000.

As áreas de risco promovem grandes perdas, tanto sociais quanto econômicas e ambientais, e, portanto, é necessária uma atuação preventiva que propicie à população que habita nestas regiões condições de conviver com esse risco, com o melhor índice de segurança possível.

Visando a redução dos riscos, sugere-se a execução de estudo geológico-geotécnico de detalhe para dimensionamento de obras (muros e aterros); políticas públicas efetivas, não só de fiscalização das ocupações, mas também políticas que possam proporcionar meios para que as pessoas tenham condições financeiras de desocupar a encosta e adquirir moradia digna; a execução de canaletas de topo e base a fim de retirar o máximo de água da superfície do talude de corte; o cadastramento dos pontos de lançamento e concentração de água em superfície (tubulações e redes de esgoto); a instalação de estruturas de contenção localizadas ou lineares (muros de contenção, de arrimo e tirantes) — caso os estudos denotem essa necessidade —; a avaliação das obras de contenção aos fundos das moradias (muros de arrimo e atarantamentos); o monitoramento da evolução das trincas em moradias, terrenos e inclinação das árvores localizadas no talude, que antecipam problemas de instabilidade e a orientação dos moradores acerca dos procedimentos em casos de alertas durante as chuvas.

Portanto, conclui-se que as imagens georreferenciadas permitiram esta avaliação, podendo servir como parâmetro para subsidiar o planejamento socioambiental e urbano para tomada de medidas mitigadoras pela gestão pública. Sugere-se também, a avaliação da necessidade de aumento da cobertura vegetal, monitoramento da área, políticas públicas para redução dos danos já ocorridos e principalmente educação ambiental e medidas sociais na temática de áreas de risco para moradores da região em prol de um bem maior.

REFERÊNCIAS

- ALHEIROS, M. M.; LIMA FILHO, M. F.; MONTEIRO, F. A. J.; OLIVEIRA FILHO, J. S. **Sistema Depositionais na Formação Barreiras no Nordeste Oriental**. XXXV Congresso Brasileiro de Geologia, v.2, p.743-760, Belém, Pará, 1988.
- ANDRADE, E. de L., CALHEIROS, S. Q. C., & CONCEIÇÃO, D. N. da. Áreas críticas à ocupação urbana sujeitas a deslizamento de terra na bacia hidrográfica do riacho Reginaldo, Maceió-AL. **Revista Contexto Geográfico**, v.3, n.5, p. 1-11, 2018. DOI: 10.28998/contegeo.v3i5.6742.
- ARAÚJO, R. S. **Processos de movimentos de massa - Deslizamentos - Rastejo - Corridas de detritos**. 2017. Serviço Geológico do Brasil. Disponível em: <https://defesacivil.es.gov.br/Media/defesacivil/Capacitacao/Material%20Did%C3%A1tico/CBPRG%20-%202017/Processos%20de%20Movimentos%20de%20Massa%20-%20Deslizamentos,%20Rastejo,%20Corridas%20de%20Detritos.pdf> Acesso em: 23 mar. 2023.
- BAÍA, L. B. *et al.* Provenance of the Middle Miocene Barreiras Fan Delta in the Onshore Pará-Maranhão Basin, Northern Brazil. **Journal of South American Earth Sciences**, v. 122, p. 104175, 2023. DOI: 10.1016/j.jsames.2022.104175.
- BANDEIRA, A.P.N. **Parâmetros técnicos para gerenciamento de áreas de riscos de escorregamentos de encostas na região metropolitana do Recife**. 2010. Tese (Doutorado). Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2010. Disponível em: <https://repositorio.ufpe.br/handle/123456789/5126>. Acesso em: 13 maio. 2023.
- CAMARGO, K. R. ; BRUCH, A. F. ; RODRIGUES, M. L. ; RETZLAFF, A. S. Impermeabilização de fundo do aterro sanitário de Rio Grande: Considerações Históricas, geológicas e geotécnicas. **REVISTA FOCO**, v.16, n.5, p. e1728, 2023. DOI: 10.54751/revistafoco.v16n5-003.
- CARVALHAIS, R. M.; MORAES, N. A. de; SILVA, H. F.; BERNARDES, I. M. M. Deslizamento de encostas devido a ocupações irregulares / Slope slope due to irregular occupations. **Brazilian Journal of Development**, v. 5, n. 7, p. 9765–9772, 2019. DOI: 10.34117/bjdv5n7-150.
- CHEN, W; WANG, G; ZENG, J. Impact of urbanization on ecosystem health in Chinese urban agglomerations. **Environmental Impact Assessment Review**, v. 98, p. 106964, 2023. DOI: 10.1016/j.eiar.2022.106964.
- CEMADEN. Cemaden e IBGE lançam base de dados sobre população exposta em áreas de risco de desastres. 2018. Disponível em: <https://www.cemaden.gov.br/cemaden-e-ibge-lancam-base-de-dados-sobre-populacao-exposta-em-areas-de-risco-de-desastres/>. Acesso em: 30 de março de 2023.
- CONDEPE/FIDEM. Agência Estadual de Planejamento e Pesquisas de Pernambuco. Os Morros da Região Metropolitana do Recife. Disponível em: <http://www2.condepefidem.pe.gov.br>. Acesso em 26 de abr. 2023.
- DA SILVA, M.M; COUTINHO, R.Q. **Estudo geológico-geotécnico de uma encosta com problemas de instabilidade no Município de Camaragibe - PE**. 2007. Tese (Doutorado). Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2007. Disponível em: <https://repositorio.ufpe.br/handle/123456789/5310>. Acesso em: 29 maio. 2023.
- DA SILVA, W. F; JÚNIOR, E. M. M; DA SILVA, Osvaldo Girão. Uma análise teórica a partir da perspectiva sistêmica dos espaços de riscos geomorfológicos na cidade do Recife--Pernambuco. **Espaço Aberto**, v. 8, n. 1, p. 127-146,2018. DOI: 10.36403/espacoaberto.2018.15595.
- DPI - INPE. Departamento de Processamento de Imagens - Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais. **Tutorial de Geoprocessamento**. Disponível em: <http://www.dpi.inpe.br/spring/portugues/tutorial/index.html>. Acesso em: 13 dez. 2015.

DOS SANTOS, J.C., COUTINHO, R.Q. Geological and Geotechnical Characterization of Soils from the Barreiras Formation in a Subarea of Study in Maceio, Alagoas State, Brazil. **Geotech Geol Eng**, v.41, p. 107–133, 2023. DOI: 10.1007/s10706-022-02266-8.

FILGUEIRA, J. G. ; VITAL, H. .; LUCENA, L. R. F. de . Assinatura isotópica (Sm-Nd) e faciológica da Formação Barra de Tabatinga: novas considerações sobre o registro de um paleonível marinho pleistocênico no Nordeste brasileiro. **Geologia USP. Série Científica**, v. 23, n. 1, p. 69-80, 2023. DOI: 10.11606/issn.2316-9095.v23-182796.

FONSÊCA, D. N; DE BARROS CORRÊA, A.C; DA SILVA, A. C. Compartimentação Geomorfológica da Região Metropolitana do Recife (RMR) a partir da análise morfoestrutural. **Geo Uerj**, n. 29, p. 201-219, 2016. DOI: 10.12957/geouerj.2016.18827.

FONTOURA, T.B., COUTINHO, R.Q. & DA SILVA, F.O.T. Geochemical and Mineralogical Contributions in the Study of Sedimentary Rock (Barreiras Formation) Soils, Recife/Brazil: Implications for Landslides. **Geotech Geol Eng**, n. 41, p. 205–224, 2023. DOI: 10.1007/s10706-022-02274-8.

FREIRE, L. V.; JÚNIOR, . O. F. dos S.; INGUNZA, M. del P. D.; CHAVES, L. F. M.; NETO, O. de F. Caracterização química, mineralógica e geotécnica de sedimentos da formação barreiras e pós-barreiras - litoral sul do Rio Grande do Norte, Brasil. **Revista de Geociências do Nordeste**, v. 8, n. 2, p. 76–90, 2022. DOI: 10.21680/2447-3359.2022v8n2ID23638.

FREITAS, E. P.; MORAES, J. F. L.; PECHE FILHO; A.; STORINO, M. Indicadores ambientais para áreas de preservação permanente. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 17, p. 443-449, 2013. DOI: 10.1590/S1415-43662013000400013

GERSCOVICH, D. M. S. Estabilidade de taludes. 2. ed. São Paulo: Oficina de textos, 2016.

GIRÃO, I. R. F.; RABELLO, D. R.; ZANELLA, M. E. Análise teórica dos conceitos: riscos socioambientais, vulnerabilidade e suscetibilidade. **Revista de Geociências do Nordeste**, v. 4, p. 71-83, 2018. DOI: 10.21680/2447-3359.2018v4n0ID13273.

GOES, M.H.B.; ZAIDAN, R.T.; MARINO, T.B.; XAVIER DA SILVA, J. Geoprocessamento aplicado ao mapeamento e análise geomorfológica de áreas urbanas. *In*: XAVIER DA SILVA, J.; ZAIDAN, R. T. (Orgs.). **Geoprocessamento & meio ambiente**. – Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2011. p. 167-200.

LEITE, G. T. D.; PINHEIRO, R. Z. G.; PAMBOUKIAN, S. V. D. Monitoramento de áreas de risco com a utilização de técnicas de geoprocessamento. **Revista Mackenzie De Engenharia E Computação**, v. 19, n. 1, 2019.

LIMA, M. C. A. de ; JESUS, S. D. de .; LAFAYETTE, K. P. V.; SILVA, S. R. da. Analysis of disordered occupation in upper Macaíba in Jaboatão dos Guararapes/PE. **Research, Society and Development**, v. 10, n. 17, p. e28101724352, 2021. DOI: 10.33448/rsd-v10i17.24352.

MACEDO, E. S., SANDRE, L. H. Mortes por deslizamentos no Brasil: 1988 a 2022. Associação Brasileira de Geologia de Engenharia Ambiental- ABGE. Disponível em: <https://www.abge.org.br/>. Acesso 15 jan. 2023.

MORAIS, L.O; FERNANDES, W. Aplicação do Índice de Concentração de Rugosidade (ICR) na Identificação de Áreas Suscetíveis a Deslizamentos de Encostas em Sorocaba, São Paulo. **Anais In: XX Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto**, INPE- Florianópolis-SC, Brasil, 2023.

MEIRELLES, E. O.; DOURADO, F.; COSTA, V. C. Análise Multicritério para mapeamento da suscetibilidade a movimentos de massa na bacia do rio Paquequer-RJ. **Geo Uerj**, n.33, e26037, 2018.

MINISTÉRIO DAS CIDADES - IPT. Instituto de Pesquisas Tecnológicas. **Mapeamento de riscos em encostas e margens de rios**. Brasília: Ministério das Cidades. Instituto de Pesquisas Tecnológicas – IPT, 2007. 176 p. Disponível em: http://www.cidades.gov.br/images/stories/ArquivosSNPU/Biblioteca/PrevencaoErradicacao/Livro_Mapeamento_Enconstas_Margens.pdf. Acesso em: 21 jul. 2023.

OLIVEIRA, D. E.; AMARAL, C. M.; GIAROLA, I. B. S.; FERREIRA, C. de C. M. Variabilidade climática e as chuvas de janeiro de 2007: uma análise episódica na bacia hidrográfica do Rio Preto, Sudeste do Brasil. **Revista da ANPEGE**, v.18, n.37, p. 106-135, 2023. DOI: 10.5418/ra2022.v18i37.10117.

ORIGGE, J. T.; TONETO, C.; ROSA, T. S.; COSTA, M. C. O.; SIMPLICIO, M. A. Mapeamento de risco em áreas urbanas densamente habitadas: o morro do Jaburuna (Vila Velha, ES, Brasil). **Territorium**, v. 27, n. 1, p. 51-66, 2020. https://doi.org/10.14195/1647-7723_27-1_5

PATRA, S.; SAHOO, S.; MISHRA, P.; MAHAPATRA, C. Impacts of urbanization on land use /cover changes and its probable implications on local climate and groundwater level. **Journal of Urban Management**, v. 7, n. 2, p. 70-84, 2018. DOI: 10.1016/j.jum.2018.04.006.

PARMA, G. C. O RISCO AMBIENTAL AOS DESLIZAMENTOS DE TERRA. **Revista Gestão & Sustentabilidade Ambiental**, v. 12, n. 1, p. e18741, 2023. DOI: 10.59306/rgsa.v12e12023e18741.

PAULA, R. T; ROCHA, G. C. ANÁLISE DE RISCO A MOVIMENTOS DE MASSA EM JUIZ DE FORA – MG ATRAVÉS DO MÉTODO DA ÁRVORE DE FALHAS. **REDE - Revista Eletrônica do PRODEMA**, v. 13, n. 1, p. 33-44, 2019. DOI: 10.22411/rede2019.1301.03.

PEDROSA, A. A.; ALMEIDA, S. M.; LAFAYETTE, K. P. V. Análise de encosta em situação de risco no município de Olinda-PE. **Research, Society and Development**, v. 9, n. 11, p. e3499119817, 2020. DOI: 10.33448/rsd-v9i11.9817.

PEDROSA, F. **Subsídios sedimentológicos e geomorfológicos ao zoneamento geoambiental da folha Recife (PE)**. São Paulo, 1995. Tese de mestrado USP. Disponível em . Acesso em 13 jan. 2022.

PEREIRA, L. C.; ALMEIDA, A. S.; MONTEIRO, B. F.; LAMEIRA, W. J. M.; ASSUNÇÃO, S. P. Mapeamento de uso e cobertura de terra e análise da estrutura da paisagem na bacia do rio Uraim. **Caminhos de Geografia**, v. 21, n. 75, p. 225-239, 2020. DOI: 10.14393/RCG217551521.

PREFEITURA DA CIDADE DO RECIFE. Disponível em: <http://www2.recife.pe.gov.br/pagina/caracterizacao-do-territorio>. Acesso em: 19 mai. 2023.

RECKZIEGEL, E. W. **Identificação e Mapeamento das Áreas com Perigo de Movimento de Massa no Município de Porto Alegre, RS**. 2012. 90 p. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Programa de Pós-Graduação em Geografia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2012.

SANTOS, C.L dos; SILVA, O. G. da; VITAL, S.R. de O. Mapeamento de Áreas de Risco Associadas ao Carste em Área Urbana no Município de João Pessoa-PB. **Sociedade & Natureza**, v. 34, 2023. DOI: 10.14393/SN-v34-2022-63641.

SANTOS, E. I.; ALENCAR, M. L. S.; SCHRAMM, V. B.; SANTOS, J. S.; NASCIMENTO, M. T. C. C. Uso de geotecnologias no estudo da degradação das terras da bacia do rio Sucuru, na Paraíba. **Ciência & Natura**, v. 42, n. 57, p. 15, 2020. DOI:10.5902/2179460X33089.

SAITO, S. M.; SORIANO, E.; LONDE, L. R. Desastres Naturais. In: SAUSEN, T. M.; LACRUZ, M. S. P. (Org.). **Sensoriamento Remoto para Desastres**. - São Paulo: Oficina de Textos, 2015. p. 23-42.

SCHLEE, M. B. Notas sobre a ocupação das encostas no maciço da Tijuca, no Rio de Janeiro. **Pós. Revista Do Programa De Pós-Graduação Em Arquitetura e Urbanismo Da FAUUSP**, v. 22, n. 38, p. 94-122, 2015. DOI: 10.11606/issn.2317-2762.v22i38p94-122.

SILVA, A. P. da ; BARROSO, E. V.; POLIVANOV, H. Índices pluviométricos críticos para prevenção de desastres por deslizamentos na cidade de Niterói, RJ. **Geologia USP. Série Científica**, v. 22, n. 3, p. 47-60, 2022. DOI: 10.11606/issn.2316-9095.v22-191653.

SILVA, D. B. da; GUEDES, R. de M. A. Ocupação Desordenada em Áreas de Proteção Permanente e a Relação com o Desenvolvimento Sustentável de Grandes Centros Urbanos. **Scientific Journal ANAP**, v. 1, n. 1, 2023. Disponível em: <https://publicacoes.amigosdanatureza.org.br/index.php/anap/article/view/3449>. Acesso em: 25 abr. 2023.

SILVA, C. F. A. da; BARRETO, E. P.; SHULLER, C. A. B.; FERREIRA, B.; MELO, W. D. A. Evolução multi-temporal do uso e ocupação do solo no entorno do campus da Universidade Federal Rural de Pernambuco Zona Oeste da Cidade do Recife. **Revista Brasileira de Geografia Física**, vol. 9, no. 2, p. 319–333, 2016. DOI: 10.26848/rbgf.v9.2.p319-333.

SHEN, P. *et al.* Urbanization-induced Earth's surface energy alteration and warming: A global spatiotemporal analysis. **Remote Sensing of Environment**, v. 284, p. 113361, 2023. DOI: 10.1016/j.rse.2022.113361.

TORRES, F. S. M.; PFALTZGRAFF, P. A. S. **Geodiversidade do estado de Pernambuco**. Recife: CPRM, 2014. Disponível em: <http://rigeo.cprm.gov.br/jspui/handle/doc/16771>. Acesso em: 05 mai. 2023.

VEDOVELLO, R.; MACEDO, E. **Deslizamentos de encostas**. In: SANTOS, R. F. (Org.). Vulnerabilidade ambiental: desastres naturais ou fenômenos induzidos? Brasília: MMA, 2007. Disponível em: <http://goo.gl/aEuO4U>. Acesso em: 25 abr. 2023.

VOJTEKOVÁ, J.; VOJTEK, M. Assessment of landslide susceptibility at a local spatial scale applying the multi-criteria analysis and GIS: a case study from Slovakia. **Geomatics, Natural Hazards And Risk**, v.11, n.1, p. 131-148, 2020.

XAVIER, J. P. de S.; DE SANTANA, J. K. R.; BISPO, C. de O.; LISTO, F. de L. R. Metodologias de Identificação de Risco a Escorregamentos de Terra Associadas ao Índice de Vulnerabilidade Social (IVS), Aplicados ao Município do Recife. **Ciência & Trópico**, [S. l.], v. 43, n. 1, 2019. DOI: 10.33148/CeTropico-v.43n.1(2019)_1833. Disponível em: <https://periodicos.fundaj.gov.br/CIC/article/view/1833>. Acesso em: 15 jul. 2023.

XIA, Z. *et al.* The June 2020 Aniangzhai landslide in Sichuan Province, Southwest China: Slope instability analysis from radar and optical satellite remote sensing data. **Landslides**, n. 19, p.313-329, 2022. DOI: 10.1007/s10346-021-01777-4.

ZAMBON, I., & SALVATI, L. Demographic dynamics, economic expansion and settlement dispersion in Southern Europe: contrasting patterns of growth and change in three metropolitan regions. **Management Research and Practice**, v.10, n.2, p.41-62, 2018.