



RISCOS



RISCOS AMBIENTAIS DECORRENTES DA OCUPAÇÃO IRREGULAR:
ESTUDO DE CASO NO BAIRRO DO PASSARINHO, RECIFE-PE*

ENVIRONMENTAL RISKS ARISING FROM IRREGULAR OCCUPATION:
CASE STUDY IN THE NEIGHBOURHOOD OF PASSARINHO, RECIFE-PE

Clara Lôbo do Nascimento Passos¹

lcls@poli.br

ORCID 0000-0002-9285-5473

Kaliny Patricia Vaz Lafayette¹

klafayette@poli.br

ORCID 0000-0002-7954-2317

Thiago Augusto da Silva¹

Thiago.silva@ufpe.br

ORCID 0000-0002-2751-6002

¹Universidade de Pernambuco (Brasil)

Escola Politécnica da Pernambuco, Departamento de Engenharia Civil

Luciana Cássia Lima da Silva¹

lucianacassialima@hotmail.com

ORCID 0000-0001-6929-9686

RESUMO

O conhecimento da expansão urbana em uma área é de fundamental importância para a identificação das dinâmicas ambientais, econômicas e sociais. Entretanto, o rápido crescimento de forma desordenada e sem o devido planejamento, de algumas cidades no Brasil ao decorrer das últimas décadas, permitiu o surgimento de diversos desafios para os governantes e também para as populações urbanas. Na Região Metropolitana do Recife (RMR) não foi diferente e, como resultado, é evidente o crescimento de ocupações irregulares em áreas ambientalmente frágeis, como as regiões de encostas. Essas estruturas sofrem alterações intensificadas pela ação antrópica, que são agravadas no período de inverno com as fortes chuvas, resultando em perdas ambientais, materiais e humanas. O estudo teve por objetivo fazer uma avaliação de uma área impactada por deslizamento de terra com vítimas fatais, localizada no bairro do Passarinho em Recife-PE. A análise temporal de uso e ocupação do solo teve como base mapas vetorizados e georreferenciados, entre os anos de 1975-2022, onde foi verificado um crescimento expressivo da mancha urbana (4.119,05 %), enquanto a cobertura mais afetada foi à vegetação (-30,13 %). Também foi observado que os impactos ambientais locais variam entre médio e alto grau, com altos níveis de risco para os resíduos sólidos urbanos e saneamento ambiental (água e esgoto). Os resultados obtidos são fundamentais para definição de prioridades nas áreas ocupadas de forma desordenada e sem planejamento, através de ações de mitigação e compreensão dos riscos ambientais, aos quais à comunidade está exposta.

Palavras-chave: Áreas de risco, ação antrópica, análise temporal.

ABSTRACT

Knowledge of urban expansion in an area is of fundamental importance for identifying environmental, economic and social dynamics. However, the disorderly rapid growth without due planning of some cities in Brazil over the last few decades has led to several challenges emerging for governments and urban populations. It was no different in the Metropolitan Region of Recife (RMR) and, as a result, the growth of irregular occupations in environmentally fragile areas, such as hillside regions, is evident. These structures undergo changes intensified by human action, and these are aggravated in the winter period by heavy rains, which result in environmental, material and human losses. The study aimed to assess an area impacted by a landslide with fatal victims, located in the Passarinho neighbourhood in Recife/PE. The temporal analysis of land use and occupation was based on vectorized and georeferenced maps, between the years 1975-2022, where there was significant growth of the urban area (4,119.05 %), with the most affected coverage being the vegetation (-30.13 %). It was also noted that the local environmental impacts vary between medium and high degree, with high levels of risk for urban solid waste and environmental sanitation (water and sewage). The results are essential for defining priorities in areas occupied in a disorderly and unplanned manner, through mitigation actions and understanding of the environmental risks to which the community is exposed.

Keywords: Risk areas, anthropic action, time analysis.

* O texto deste artigo foi submetido em 15-03-2023, sujeito a revisão por pares a 16-03-2023 e aceite para publicação em 30-09-2023.

Este artigo é parte integrante da Revista *Territorium*, n.º 31 (II), 2024, © Riscos, ISSN: 0872-8941.

Introdução

A crescente urbanização e consequente expansão dos espaços urbanos provocam diferentes modificações no ambiente, reforçando a conversão dos espaços e ambientes naturais pela ação humana (Santos, 2022; Pereira, Nunes e Araújo, 2021). Essas transformações ambientais, culturais, políticas e econômicas culminam em processos modificadores do território, afetando a paisagem e os tipos de uso e ocupação do solo, causando efeitos danosos à integridade física, perdas materiais e patrimoniais, perda de biodiversidade, emissões de carbono, escassez de água, condições meteorológicas extremas e poluição ambiental, ameaçando de uma forma geral a sustentabilidade ambiental (Carvalhais *et al.*, 2019; Chao *et al.*, 2023; Chen *et al.*, 2023; Jiang *et al.*, 2020; Li *et al.*, 2020; Rusk *et al.*, 2021; Schleder, 2020; Shen *et al.*, 2023; Silva e Ferreira, 2019; Silva, 2020).

O desenvolvimento de algumas cidades, sem planejamento e com infraestrutura deficiente, contribui para a redução dos índices socioambientais, e põem em risco a saúde e bem-estar da população, que ficam vulneráveis aos processos de deslizamentos (Moraes, 2018; Miranda e Lima, 2021; Silva, Silva e Schuler, 2018).

O conhecimento sobre as características da urbanização com os deslizamentos são úteis para coordenar a relação com o meio ambiente em uma área tão ecologicamente frágil, o que torna urgente realizar um estudo detalhado da expansão do solo urbano no espaço e no tempo (Rimal *et al.*, 2019; Tsagkis, Bakogiannis e Nikitas, 2023).

As grandes cidades, principalmente nos países emergentes como o Brasil, abrigam problemas ambientais, econômicos e sociais que são reflexo da desigualdade social e do déficit de recursos técnicos e financeiros (Goski, 2008). Desde os anos 70, a urbanização acelerada associada a políticas públicas de controle do desenvolvimento omissas, gerou desequilíbrio urbano, problemas sociais e ambientais (Bandim e Galvinício, 2021; Soares e Moraes, 2019).

Em razão de limitações à ocupação legal, restou à população menos favorecida, apropriar-se de terrenos com menor valor de mercado e iniciar um processo de autoconstrução, o que significou estabelecer morada em áreas de risco socioambiental.

Devido às suas características climáticas, geológicas e geomorfológicas, o Brasil é um país que está naturalmente exposto a ocorrências de deslizamentos. Essa situação se agrava ao longo do litoral onde, além de concentrar as maiores cidades do país e, portanto, maior contingente populacional, as condições físicas e meteorológicas agravam a instabilidade das encostas com a combinação de altos índices pluviométricos e de relevos compostos por vertentes acentuadas (Pinto *et al.*, 2012).

Em países emergentes uma das principais causas relacionadas ao número de mortes é devido aos deslizamentos. Esse problema se dá em virtude da falta de conhecimento da população quanto aos perigos e riscos relativos a esses processos, os quais são agravados com a escassez de investimentos e/ou falta de recursos (Corominas *et al.*, 2014; Petley, 2012).

A urbanização desordenada influencia diretamente nos impactos e desastres ambientais, uma vez que a população ao ocupar essas áreas inapropriadas, precisa modificar o ambiente natural (Carvalhais, Moraes, Silva e Bernardes, 2019).

Em 2010, o município do Recife alcançou sua total capacidade urbanística. O crescimento populacional da cidade e a expansão desordenada se desenvolveram de forma tal, que viabilizaram a ocupação de áreas naturalmente suscetíveis a processos geodinâmicos: os morros. Nesse âmbito, as ações antrópicas associadas às feições naturais do terreno, influenciam na ocorrência de deslizamentos, sobretudo nos setores nordeste, norte e noroeste da cidade (Silva e Ferreira, 2019).

A Região Metropolitana do Recife (RMR) tem registro de deslizamentos relacionados a eventos extremos de precipitação, principalmente, nos municípios de Recife, Olinda, Camaragibe, Abreu e Lima e Jaboatão dos Guararapes, estes com vítimas ou não. Entretanto, esse problema se tornou mais grave a partir da década de 1980, quando foram registradas diversos escorregamentos na zona norte de Recife (no período de 1993-1996 foram registrados 757 escorregamentos), que causaram em média 50 mortes por ano (Gusmão, 1997). A população mais pobre, submetida à ocupação das áreas de encostas, é a que mais sofre com as situações de risco e suas consequências. A urbanização acelerada da região provocou a degradação dos elementos ambientais naturais do território, onde são visíveis manifestações erosivas (voçorocas e sulcos), retirada da cobertura superficial do solo pela ação das chuvas nas vias não pavimentadas, deslizamentos de taludes e processos de assoreamento (Cavalcanti *et al.*, 2016).

Os deslizamentos são fenômenos de origem natural influenciados pelo tipo de solo, relevos acidentados e chuvas intensas. Entretanto, são potencializados pela ação antrópica como: remoção da cobertura vegetal; construções inadequadas e descarte irregular de resíduos. Ocorre com mais frequência em áreas de relevo acidentado, como serras e morros, e é caracterizado pelo movimento descendente do solo e/ou fragmentos de rocha e outros detritos pelas encostas, tendo a força gravitacional como agente deflagrador fundamental (Guitarrara, 2022; He *et al.*, 2019).

Nos últimos anos, o aumento significativo dos deslizamentos nas encostas urbanas está vinculado à ocupação desordenada do território em áreas com

alta suscetibilidade aos riscos ambientais. Juntamente conectado a isto, verifica-se um aumento na frequência e na intensidade de eventos de chuva devido a mudanças climáticas (Cordero *et al.*, 2009).

Estas mudanças ambientais são resultantes da degradação do meio ambiente e podem tornar certas áreas mais vulneráveis, piorando, assim, a qualidade de vida das populações que nelas vivem. Somadas a isso, as desigualdades sociais geram as dificuldades que alguns grupos têm em habitar espaços melhores, então morar em loteamentos irregulares passa a ser uma solução habitacional para os mais pobres (Cardoso, 2006).

Embora as moradias estejam expostas ao mesmo evento físico, esta exposição ocorre de forma diferente devido à presença de vulnerabilidades distintas entre uma comunidade e outra, o que pode ocasionar aumento, redução ou manutenção da exposição ao risco (Kuhnen, 2009).

Segundo Barros Junior e Silva (2018) a produção de uma base de dados de indicadores ambientais, viabiliza um planejamento compatível à concepção de atividades econômicas e de preservação e conservação ambiental.

Face ao exposto, este estudo se faz necessário no intuito de contribuir para o entendimento da evolução da ocupação desordenada e sem planejamento em uma encosta no município de Recife, bem como, avaliar os riscos ambientais decorrentes desse processo, a fim de levantar dados que auxiliem na produção de planos de desenvolvimento urbano, na mitigação dos desastres naturais para uma melhor qualidade de vida para população residente em áreas afetadas por este processo.

Caracterização da área

A área em estudo é formada por um conjunto de encostas localizadas no bairro do Passarinho, município de Recife, capital do Estado de Pernambuco (fig. 1). A escolha do local foi influenciada pela ocorrência de movimento de massa em uma encosta, em 24 de julho de 2019, causando a morte de um casal de idosos. Segundo Recife (2019b), nos cinco dias que antecederam o acidente choveu 357 mm, ou seja, valor compatível a 20 dias da média histórica do período. Na madrugada do dia 24 de julho de 2019, choveu 102 mm em seis horas, elevando a situação de perigo para a população residente em áreas de risco.

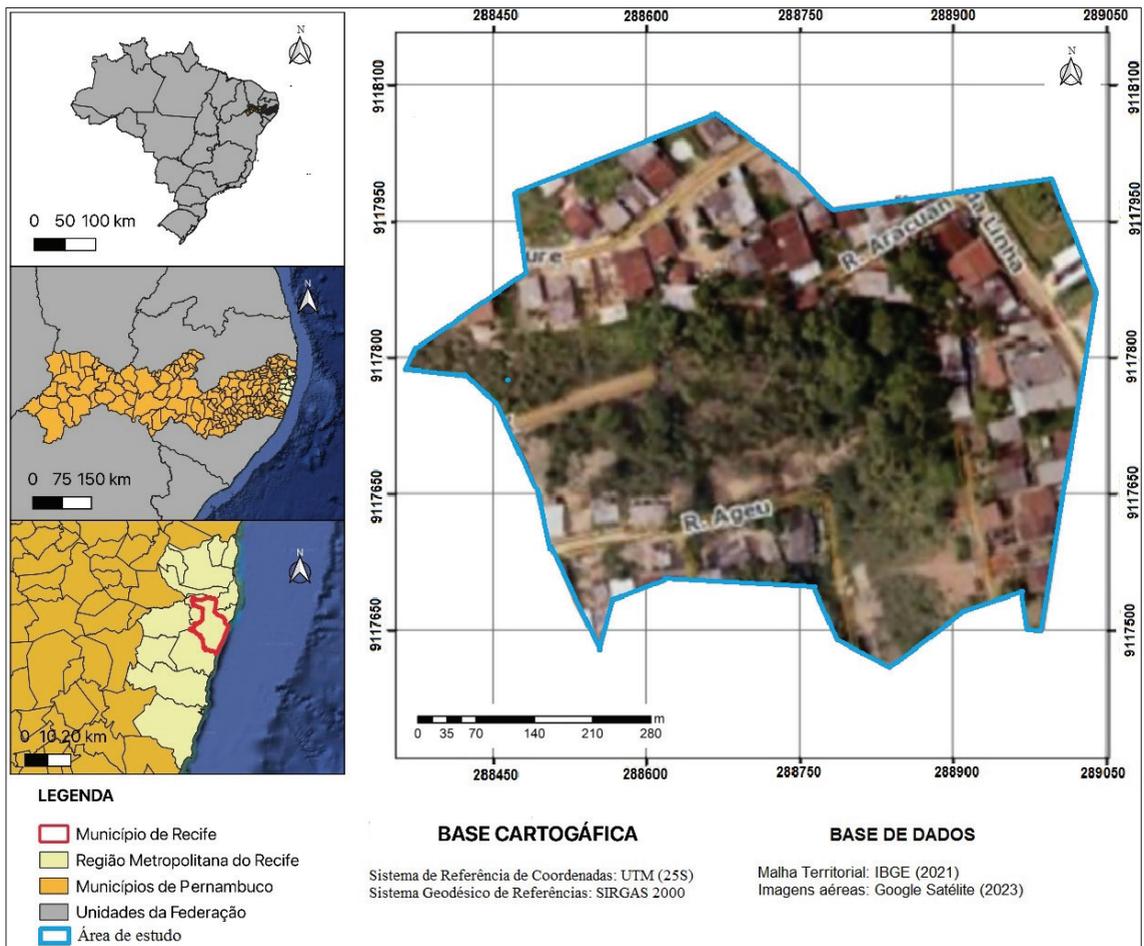


Fig. 1 - Localização da área de estudo (Elaborado em 2023).

Fig. 1 - Location of the study area (Developed in 2023).

O bairro do Passarinho está localizado na divisa entre os municípios de Recife, Paulista e Olinda. No município de Recife, esta área faz parte da Região Política Administrativa 3 (RPA 3), e possui o equivalente a 406 hectares, com uma população residente que correspondente a aproximadamente 20.305 habitantes. Sua densidade demográfica equivale a 49,98 habitantes por hectare, tendo uma média de moradores por domicílio igual a 3,5 e renda média mensal por domicílio correspondente a R\$ 824,02 reais (Recife, 2019a).

As edificações encontradas no bairro evidenciam a falta de padrão construtivo bem como a falta de controle na construção das residências. Foram identificadas construções (à época condenadas e interditas pela Defesa Civil) presentes no limite superior da encosta, e um sistema de drenagem precário com águas de rejeito correndo a céu aberto, além de deposição de resíduos domiciliares.

A vegetação atual do Recife e da Região Metropolitana é composta, de maneira geral, pelos testemunhos da vegetação original, constituída principalmente pela Mata Atlântica e pelos Manguezais (Santos, 2016).

A urbanização acelerada juntamente com a abertura de áreas para a construção de moradias, provocou a extensa retirada da vegetação nativa, o que tem causado grandes alterações das suas características. Aliado a isso, a população tem implementado espécies vegetais, que representam considerável perigo para a estabilidade local, por possuírem raízes curtas e retentoras de água, como é o caso dos mamoeiros e das bananeiras.

Recife possui clima tropical úmido, característico do litoral nordestino, que recebe influência de massas tropicais marítimas, possui temperaturas estáveis ao longo do ano, médias mensais superiores a 18°C, amplitude térmica anual de até 5°C e índice pluviométrico superior a 2.000 mm anuais; recebe classificação As' segundo Köppen-Geiger (Villa verde, 2019, Santos, 2016). Segundo a APAC (2021), os meses mais chuvosos no município correspondem ao período de março a julho, ou seja, outono e inverno.

Quanto a geomorfologia (fig. 2), o município de Recife está inserido em três unidades morfoestruturais, sendo eles, planícies litorâneas, planícies e terraços fluviais, tabuleiros orientais do nordeste e o piemonte oriental do planalto da Borborema, sendo cerca de 75 % de seu território composto por encostas que, por meio de ações antrópicas, podem adquirir comportamentos instáveis.

Segundo a EMBRAPA (2022), os tabuleiros costeiros abrangem planaltos de origem sedimentar, com vales estreitos e declives acentuados, com fundos de amplas várzeas e declividade suaves e abertas. Sob o mesmo contexto, as planícies litorâneas e fluviais são formadas por processos relacionados à erosão, transporte e

deposição de sedimentos. O piemonte oriental da Borborema é um relevo de degradação em um maciço cristalino pré-cambriano com uma vasta superfície plana intercalada com morros amplos a montanhosos (Ferreira, Dantas e Chinzato, 2014).

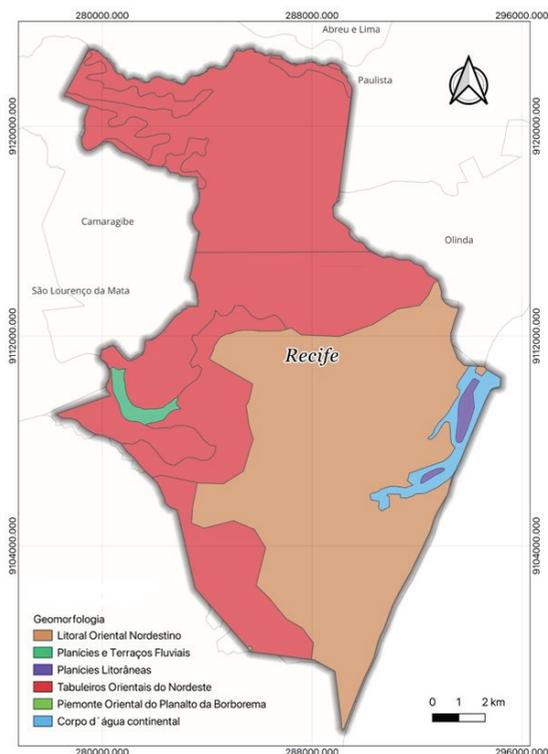


Fig. 2 - Mapa de geomorfologia (Elaborado em 2023).

Fig. 2 - Geomorphology map (Developed in 2023).

No que se refere a pedologia, conforme Villa Verde e Santos (2019), o solo do município de Recife tem como maior influência a presença de características areno-argilosa, haja vista, a formação do embasamento cristalino e o acúmulo de areia, de características argilosas, dos corpos hídricos.

Nas áreas de colinas e tabuleiros do município de Recife há a presença dos solos tipo Latossolos Amarelo e Argissolos Vermelho-Amarelo. Nesse contexto, os Argissolos são caracterizados como solos profundos, moderadamente a bem drenado, mais influentes na ocorrência de deslizamentos, haja vista, serem encontrados em relevos mais acidentados, dissecado e relevo ondulado (Jatobá e Silva, 2022).

Quanto aos Latossolos, estes, são solos altamente intemperizados, bem drenados, associado a relevos planos e suave ondulados (Bócoli, 2021). Estes solos possuem baixa fertilidade devido sua composição ser formada por óxidos de ferro, alumínio, sílico e titânio (Jatobá e Silva, 2022). Há também, sedimentos conglomeráticos constituídos por cascalhos centimétricos de quartzo

envolto em matriz arenosa grossa que geralmente ocorre intercalada com camadas arenosas; nessas camadas, estruturas sedimentares não estão presentes. Além do mais podem ocorrer brita, blocos centimétricos de concreções ferruginosas e blocos de argila. Estas características indicam que sua formação ocorreu devido a processos de fluxo de detritos de alta energia em um ambiente de leques aluviais (Fontoura, Coutinho e Silva, 2023).

Na fig. 3, pode-se observar que a cidade de Recife possui uma predominância de áreas urbanas. Ainda é possível observar pequenas massas de gleissolos, solos hidromórficos presentes em áreas encharcadas; argissolos vermelho- amarelo, influentes na ocorrência de deslizamentos e latossolo amarelo que são observados nas encostas (EMBRAPA, 2001, Santana, 2020).

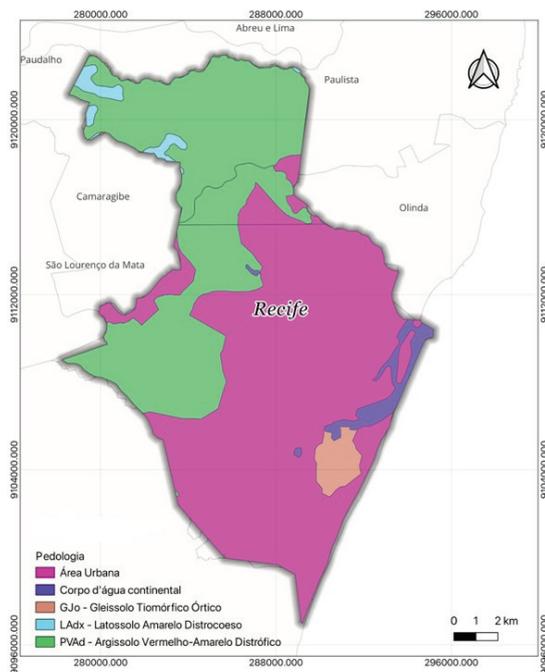


Fig. 3 - Mapa de pedologia (Elaborado em 2023).

Fig. 3 - Pedology map (Developed in 2023).

Os deslizamentos que ocorrem periodicamente em Recife, principalmente nas áreas norte, nordeste e noroeste (onde se encontra o bairro do Passarinho), são resultados das configurações geomorfológicas favoráveis estimuladas pelas ações antrópicas (Silva, Barbosa e Duarte, 2019). O corte da barreira para construção de moradias, a retirada da vegetação e os efeitos advindos da ocupação humana (construção de fossas, esgoto, acúmulo de lixo) auxiliam nos efeitos de desestabilização, gerando condições propícias aos deslizamentos (Corrêa, 2006).

Metodologia

A análise dos dados e avaliação quantitativa foi realizada a partir da vetorização e georreferenciamento

das ortofotocartas e imagem de satélite dos anos de 1975, 1986, 2018 e 2022. Para os anos de 1975 e 1986, 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 1986 no SAD69, ambas no Sistema de Projeção UTM (25 S) e com escala 1:10.000. Com o auxílio do ESIG (Informações Geográficas do Recife), plataforma SIGWeb monitorada pela Prefeitura da Cidade do Recife (PCR), foi obtida a ortoimagem relativa ao ano de 2018, que também foi produzida por levantamento aerofotogramétrico, porém no Sistema de Referência Geocêntrico das Américas (SIRGAS 2000) e no Sistema de Projeção UTM (25 S) e em escala 1:10.000. Por fim, com auxílio do Google Earth versão 7.3.2, foi obtida a imagem aérea para o ano de 2022, oriunda de captura de satélite, no SGR WGS84.

Nos mapas digitais foram identificadas as feições que caracterizaram o uso e ocupação do solo ao longo dos anos, permitindo, assim, uma análise com base nos dados numéricos referentes às áreas ocupadas por cada tipo de uso e correspondentes percentuais de área.

De acordo com Corominas *et al.* (2014), a análise quantitativa do risco é importante, pois possibilita a quantificação do risco de forma prática que pode ser reproduzida e os produtos do estudo comparados entre áreas, locais e regiões. Além disso, viabiliza suporte na priorização de ações de mitigação e gestão dos riscos e auxilia uma adequada destinação de recursos.

As ortofotocartas obtidas na FIDEM (2003) e as imagens de satélite obtidas através do Google Earth Pro Versão 7.3.2, foram manipuladas, vetorizadas e georreferenciadas com uso do software QGIS Versão 3.0.1, baseado no Sistema de Referência Geocêntrico das Américas (SIRGAS, 2000) e na da Projeção UTM (Universal Transversa de Mercator), no fuso 25S.

Para realizar o georreferenciamento das ortofotocartas datadas de 1975, foi utilizada a função “Georreferenciador” do menu “Raster” no QGIS 3.0.1. Foi em seguida, adicionado o arquivo matricial, no formato .jpeg, e indicados os pontos de controle a partir das coordenadas apresentadas na própria imagem. A configuração dos parâmetros de transformação foi do tipo polinomial 1 e o método de amostragem vizinho mais próximo. As ortofotocartas datadas de 1986 foram adquiridas no formato .tiff, portanto, já estavam georreferenciadas.

Quanto às características das ortofotocartas, dos anos 1975 e 1986, estão na escala 1:10.000 com Datum Vertical Marégrafo de Imbituba - SC e Datum Horizontal Córrego Alegre. A imagem de satélite para o ano de 2018 foi extraída em sistema geodésico de referência

WGS84. A imagem aérea utilizada na confecção do mapa de uso do solo para o ano de 2022 foi obtida a partir do *Google Satellite*, a qual foi disponibilizada no *plugin "QuickMapServices"* do QGIS 3.10.9, onde foi manipulada em coordenadas UTM (Fuso 25 S) no Sistema de Referência Geocêntrico para as Américas (SIRGAS, 2000).

Para a confecção do mapa de uso do solo para o ano de 2022, foi efetuada uma análise visual foto interpretativa das classes de uso e ocupação da região de estudo, sendo elas: mancha urbana, sistema viário, solo exposto e vegetação. Para identificação dessas classes, foi criada no QGIS 3.10.9 uma camada, no formato vetorial *shapefile*, do tipo polígono para cada categoria. Após serem definidos os polígonos, foi possível, então, calcular suas áreas de ocupação e quantificar as modificações ocorridas na região em relação aos anos anteriores estudados.

As curvas de nível foram extraídas a partir do modelo digital de elevação (MDE), provenientes do sensor ASTER (*Advanced Spaceborne Thermal Emission and Reflection Radiometer*) e, para realizar essa etapa, foi utilizada no QGIS 3.0.1 a opção "Contorno" do menu "*Raster*", em que foi indicada a equidistância de um metro entre cada curva.

A análise temporal do uso e da ocupação do solo foi realizada com base na evolução dos tipos de cobertura presentes na área no decorrer dos anos como mancha urbana, solo exposto, vegetação e sistema viário.

Após a identificação das classes de uso e ocupação do solo, foram confeccionados os mapas temáticos para os períodos estudados. Para isso, foi criado no QGIS uma camada, no formato vetorial (*shapefile*) do tipo polígono, para cada classe alvo do estudo. Ageração dessas camadas se deu a partir de análise supervisionada, ou seja, foram definidas por meio de restituição estereofotogramétrica, que foi disponibilizada pelo Instituto Tecnológico de Pernambuco (ITEP).

Desta maneira, foi possível quantificar as áreas de cada classe identificada no uso e ocupação do solo, através da calculadora de campo, disponibilizada pela tabela de

atributos dessa camada. O percentual de contribuição de cada classe de uso e ocupação do solo elencada, em relação à área total da região estudada, foi determinada segundo a Equação 1:

$$Ac(\%) = \frac{Ac}{At} \cdot 100 \quad (\text{Equação 1})$$

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).

A análise qualitativa foi realizada com base na adaptação da metodologia *Failure Mode and Effect Analysis (FMEA)* fundamentada nos estudos de Nascimento (2019) e Silva (2020), os quais, baseados em Stamatis (2003), empregam parâmetros orientados a ambientes urbanos de encostas. A FMEA é uma metodologia de análise que tem o intuito de definir, identificar e eliminar problemas, conhecidos ou potenciais, que pode ser executada de maneira contínua para melhoramento do sistema (Stamatis, 2003).

Para aplicação da FMEA e determinação do Índice de Risco Ambiental (IRA) devem ser consideradas quatro variáveis de análise: ocorrência de impactos (O), índice de gravidade (G), detecção (D) e abrangência (A). Para cada variável há três níveis de risco (baixo, médio e alto) e três valores (pesos) correspondentes os quais são a base de cálculo para determinar o IRA. Desse modo, viabiliza-se uma escala hierarquizada de relevância para cada risco analisado (TABELA I), indicando que quanto maior o IRA mais grave será o risco (Wenceslau e Rocha, 2012, Nascimento, 2019, Silva, 2020).

A ocorrência (O) está atrelada à frequência de ocorrência do impacto. O índice de gravidade (G) está relacionado a magnitude decorrente do dano ambiental e seu impacto temporal no ambiente. A detecção (D) está relacionada à facilidade de percepção do impacto no sistema. A abrangência (A) é classificada de acordo com o alcance dos efeitos locais, (Wenceslau e Rocha, 2012, Nascimento, 2019).

TABELA I - Variáveis para análise qualitativa.

TABLE I - Variables for qualitative analysis.

Parâmetros	Grau Baixo	Grau Médio	Grau Alto
	Peso 1	Peso 2	Peso 3
Ocorrência de Impactos Ambientais (O)	Semestralmente ou Anualmente	Mensalmente	Diariamente
Índices de Gravidade (G)	Impacto ao ambiente em longo prazo (anos)	Impacto ao ambiente em curto prazo (meses)	Impacto imediato ao ambiente e à saúde
Deteção de Impactos Ambientais (D)	Para detectar o impacto ambiental é necessária a utilização de métodos sofisticados	O impacto ambiental é percebido com a utilização de análise simples (mapas temporais, ensaios <i>in situ</i>)	O impacto ambiental pode ser percebido visualmente
Abrangência dos impactos ambientais (A)	O impacto ambiental é localizado	O impacto ambiental afeta os limites da região	O impacto ambiental afeta regiões vizinhas

Resultados

Análise Quantitativa: Análise temporal das ocupações

As elaborações de mapas, a partir do georreferenciamento e da vetorização das ortofotocartas e imagem de satélite dos anos de 1975, 1986, 2018 e 2022, permitiram as identificações e comparações das diferentes tipologias de uso e ocupação do solo, que se desenvolveram ao longo dos 47 anos no bairro do Passarinho em Recife/PE.

De acordo com Moreira *et al.* (2015) e Paixão *et al.* (2020) o emprego de geotecnologias é fundamental para análise e compreensão da organização do território. Essas tecnologias, como os Sistemas de Informação Geográfica (SIG), capazes de mensurar as atividades de uso e ocupação do solo, contribuem para a análise de degradação das áreas e suas consequências.

Santos (2020) e Rodrigues *et al.* (2019) destacam a importância do mapeamento da cobertura de uso e ocupação do solo como forma de auxílio ao diagnóstico e planejamento ambiental através da análise temporal e identificação de tendências de comportamento durante o período de estudo.

Mangussi Filho *et al.* (2022) descrevem que a aplicação dos sistemas de informações geográficas é bastante eficiente no diagnóstico da ocupação espaço temporal do solo, pois se baseiam na justificativa da relevância de se ter um estudo com enfoque nas mudanças de uso e ocupação do solo por meio da representação por mapas, ou seja, na ótica por trás da espacialização ocupacional da terra, mostrando que a diminuição da deterioração ambiental quando do benefício da manutenção qualitativa social, é de interesse de gestores municipais e/ou federais.

A partir das novas cartas digitais, foi possível quantificar, assim como, perceber a dinâmica de mudanças das quatro classes de ocupações do solo analisadas e sua correspondente proporção, conforme (TABELA II). Nota-se um padrão evolutivo para duas feições: vegetação e mancha urbana, onde tais feições se desenvolveram de maneira oposta. Enquanto a presença de vegetação diminuiu ao longo dos anos, de 19,25 para 13,45 hectares, a mancha urbana aumentou rapidamente evoluindo de 0,21 para 8,86 hectares, podendo ser verificada na fig 4.

TABELA II - Valores de área e porcentagem correspondentes a cada feição.

TABLE II - Area and percentage values corresponding to each feature.

Feição	Área (ha)				Área de Feição (%)			
	1975	1986	2018	2022	1975	1986	2018	2022
Solo Exposto	6,53	9,78	3,44	1,2	24,75	37,08	13,05	4,55
Mancha Urbana	0,21	0,66	9,66	8,86	0,79	2,52	36,63	33,59
Vegetação	19,25	15,45	11,17	13,45	72,97	58,55	42,35	50,99
Sistema Viário	0,39	0,49	2,11	2,87	1,49	1,85	8,00	10,88

Elaborado em 2023 / Developed in 2023.

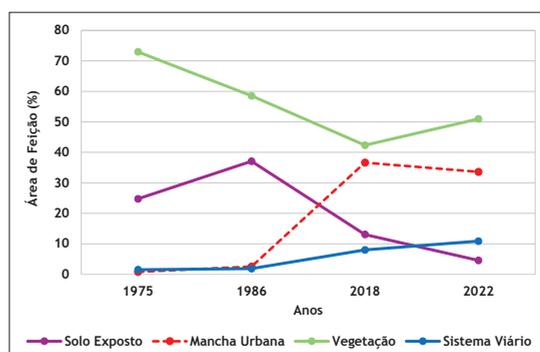


Fig. 4 - Área e porcentagem correspondentes a cada feição (Elaborado em 2023).

Fig. 4 - Area and percentage corresponding to each feature (Developed in 2023).

A análise das tipologias de uso e ocupação do solo permite obter um panorama da ocupação espacial da área, em que observa-se que essa ocupação não ocorreu de forma ordenada e gradativa, pois as mudanças não seguem um padrão geral definido (TABELA III).

TABELA III - Taxa de variação da ocupação (1975 - 2022).

TABLE III - Occupancy variation rate (1975 - 2022).

Feição	Taxa de Variação (%)			
	1975-1986	1986-2018	2018-2022	1975-2022
Sol Exposto	49,77 %	-64,82 %	-65,11	-81,62 %
Mancha Urbana	214,28 %	1356,02 %	-8,28	4119,05 %
Vegetação	-19,74 %	-27,66 %	20,40	-30,13 %
Sistema Viário	25,64 %	332,99 %	36,01	635,90 %

Elaborado em 2023 / Developed in 2023.

Segundo Silva e Lima (2019) o uso e ocupação do solo, promovidos pelas atividades antrópicas, têm grande importância dado o modo de exploração do meio ambiente e seus recursos. De acordo com Barbosa *et al.* (2011) a urbanização desordenada provoca a alteração dos ambientes naturais em ambientes construídos e aumenta significativamente os danos ambientais.

Os dados obtidos nesta pesquisa evidenciam a velocidade de modificação da paisagem no intervalo entre os anos de

estudo. Conforme a ortofotocarta de 1975, a vegetação nativa era a classe de ocupação de solo predominante, ocupando o equivalente a quase 73 % da área total (fig. 5). Esse fato está alinhado com a história da urbanização das grandes cidades brasileiras, que teve sua intensificação a partir dos anos 70, como também à própria história do bairro do Passarinho, o qual, de acordo com Alencar (2013), foi fundado efetivamente no ano de 1989.

A mancha urbana presente no primeiro ano do estudo configurava apenas 0,79 % da área, o equivalente a 2.081,52 m². Quanto à taxa de solo exposto, esta constituía aproximadamente ¼ da área, 24,75%, e ocorria com maior intensidade em terrenos de menor altitude. Após 11 anos, em 1986, houve avanço da mancha urbana que passou a ocupar pouco mais do triplo da área verificada em 1975, passando de 2.081,52 m² para 6.636,25 m².

Pelo mapa é possível constatar que as novas edificações foram instaladas em locais com as mais altas altitudes (60 e 70 metros), ou seja, no topo das colinas (fig. 6). Enquanto isso, ocorreu expressivo aumento do solo exposto que passou a abranger 37,08 % da área, o que significou uma taxa de variação positiva de 49,77 % em relação ao ano de estudo anterior.

Situação semelhante ocorreu em área de encosta com ocupação desordenada no bairro de Nova Descoberta

estudada por Silva (2020). Segundo a autora, ocorreram modificações significativas quanto à vegetação e mancha urbana, entre os anos de estudo 1975 e 1986, enquanto houve redução da primeira, a segunda aumentou aproximadamente 130 %.

Como pode ser notado, o aumento da área de solo exposto se deu em detrimento da área de vegetação natural, a qual sofreu uma alteração de 72,97 % para 58,55 %. Pode-se observar que grande parte dessa transformação ocorreu às margens do sistema viário, o que leva a crer que a retirada vegetal precedeu o processo de avanço da mancha urbana, à medida que a remoção foi realizada ao longo da infraestrutura viária existente.

Rodrigues, Osco, Antunes e Ramos (2019) afirmam que a descaracterização da vegetação local, transformada em áreas descobertas, gera problemas ambientais como a degradação dos recursos hídricos e distúrbios no solo, uma vez que a cobertura natural funciona como proteção principalmente contra a erosão e carreamento de partículas.

De acordo com Fernandes (2015), a ação antrópica favorece a influência da água sobre o solo descoberto dado que a redução da cobertura vegetal, que atua como defesa natural do terreno, expõe o solo à ação das chuvas e águas correntes que culminam no processo erosivo. Portanto, pode-se inferir que, nesse período

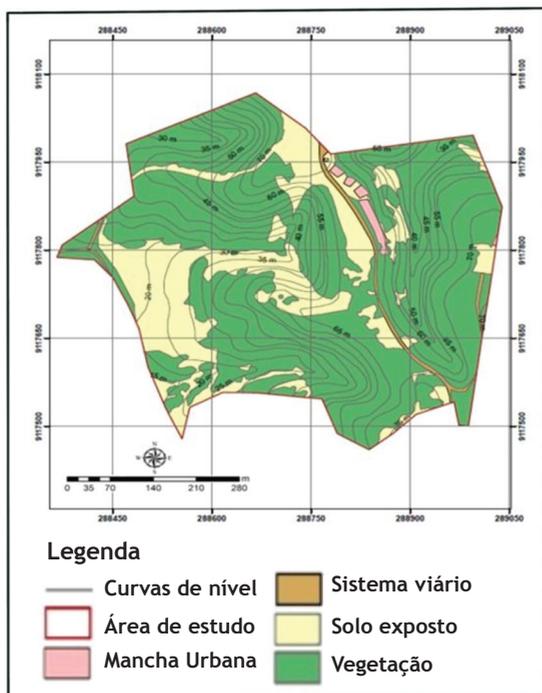


Fig. 5 - Mapa da ocupação territorial (1975)
(Elaborado em 2021).

Fig. 5 - Map of territorial occupation (1975)
(Developed in 2021).

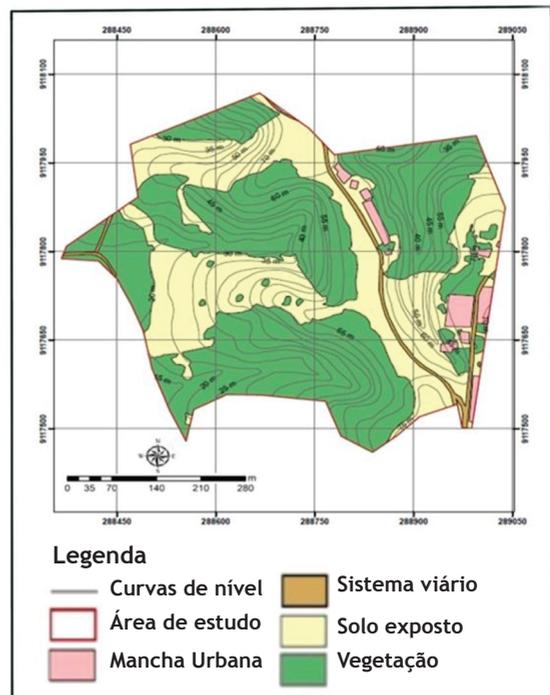


Fig. 6 - Mapa da ocupação territorial (1986)
(Elaborado em 2021).

Fig. 6 - Map of territorial occupation (1986)
(Developed in 2021).

houve aumento dos processos erosivos ocasionados pela falta de cobertura em aproximadamente 40 % da área.

Foram verificadas mudanças significantes nas curvas de nível do terreno, principalmente nas áreas ocupadas pela mancha urbana, indicativo de intensa transformação para acomodação das edificações. Ademais, pelo mapa da (fig 7), fica comprovada que a retirada vegetal e aumento da área de solo exposto em 1986 foi sucedida pelo avanço da mancha urbana.

Comprovando a ocorrência de um processo de ocupação rápido e desordenado, a classe mancha urbana obteve uma taxa de variação de 1356 %, um valor bastante elevado, passando de 2,52 % a 36,63 % da área. A situação observada coincide com os estudos da área com ocupações irregulares de Silva (2020) para um bairro vizinho, Nova Descoberta. Foi constatado elevado aumento da mancha urbana para um mesmo intervalo de tempo, entre 1975 e 2018, resultando numa taxa de crescimento total de mais de 425 % da feição.

Para atender as necessidades da população residente foram abertas vias de acesso e, como resultado, o sistema viário apresentou crescimento de 332,99 % em relação a 1986. De acordo com Santos e Vital (2020), a implementação de calçamento e sistemas de drenagem em zonas urbanas são componentes estruturadores pois atuam na diminuição da erosão. Por fim, o aumento da

mancha urbana teve como consequência à diminuição das áreas de solo exposto, que passaram de 37,08 % a apenas 13,05 %, e da cobertura vegetal, chegando a menos da metade da área, somando 42,35 %, que foi o menor valor encontrado até então.

Fazendo uma avaliação mais recente da área, foi elaborado um mapa de 2022 (fig. 8), onde foi verificado uma taxa de variação negativa de solo exposto e mancha urbana, perfazendo um total de -8,26 % e -65,11 %, respectivamente, em relação ao ano de 2018. O maior acréscimo foi observado no sistema viário de 36,01 %.

Desta maneira, pode-se concluir que, os dados referentes a um recorte temporal de 47 anos de ocupação da área de estudo no bairro do Passarinho, a feição mancha urbana obteve resultado bastante elevado, com crescimento avaliado em 4.119,05 %, seguida do sistema viário, com 635,90 % de aumento. Em contrapartida, houve redução das áreas de solo exposto, com variação negativa de 81,62 % e, mais preocupante, da área composta por vegetação, que obteve uma redução de 30,13 %.

O aumento da mancha urbana em detrimento da vegetação foi verificado também para outras áreas de encosta da RMR ocupadas desordenadamente. Tal evolução ocorreu em área de encosta estudada por Albuquerque, Carvalho, Ximenes e Lafayette (2017) no município de Jaboatão dos Guararapes, onde se observou 30 % de supressão vegetal

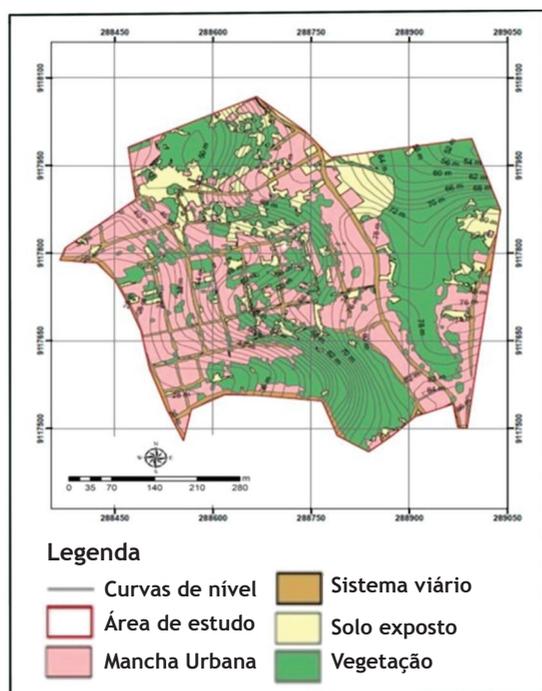


Fig. 7 - Mapa da ocupação territorial (2018)
(Elaborado em 2021).

Fig. 7 - Map of territorial occupation (2018)
(Developed in 2021).

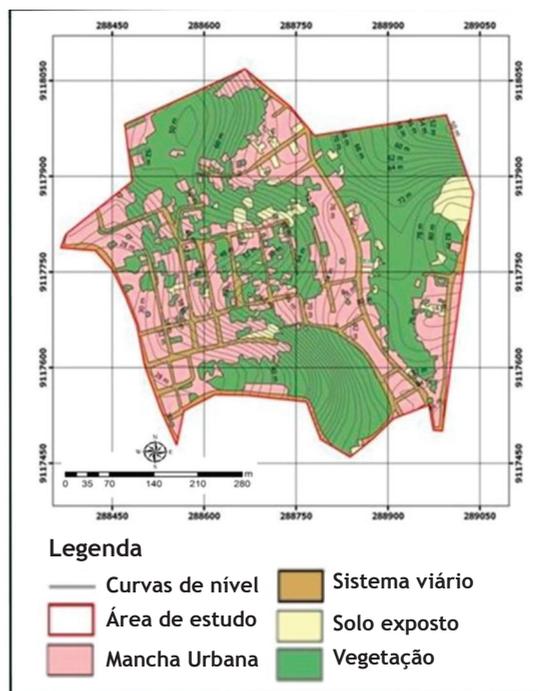


Fig. 8 - Mapa da ocupação territorial (2022)
(Elaborado em 2022).

Fig. 8 - Map of territorial occupation (2022)
(Developed in 2022).

e aumento de 10,4 % de mancha urbana e Nascimento (2019), no município de Olinda com supressão de 63,59 % e aumento de 890 % de mancha urbana.

Análise Qualitativa: Análise dos Riscos Ambientais

30

Foi observada uma redução significativa da infraestrutura local à medida que há uma aproximação das áreas fronteiriças aos taludes. Foi verificada a inexistência de calçamento nas ruas bem como de sistemas de drenagem para escoamento das águas, esgoto a céu aberto, presença de vegetação rasteira (de raízes curtas) em grande quantidade e tamanho, acúmulo e deposição incorreta de resíduos domésticos e inertes (de construção) e grau precário dos sistemas construtivos dos imóveis. Portanto, constatou-se que quanto mais próximo das áreas propensas a riscos, maior será a vulnerabilidade da população nesta área.

A análise dos riscos ambientais foi realizada baseada nas observações da área de estudo durante a visita em campo, nos registros fotográficos e mapas digitais. Tendo essas três fontes de observação e estudo, foram verificados cinco impactos ambientais, seus efeitos e possíveis causas. Para cada impacto foi atribuído um peso relativo a cada uma das quatro variáveis analisadas e o resultado da soma dos pesos indica o Índice de Risco Ambiental (IRA) de cada impacto (TABELA IV).

O índice de risco ambiental máximo é 12. Pode-se perceber que os impactos analisados obtiveram IRA maior ou igual ao valor médio “6”. Apenas um deles obteve valor médio, os outros quatro obtiveram valores de risco alto, maiores que “9”, porém, nenhum deles atingiu o nível de risco máximo “12”. A área é típica de ocupações irregulares de edificações predominantemente residenciais.

Supressão Vegetal

Foram identificados resíduos de árvores e terrenos com solo exposto, características que indicam a supressão da vegetação nativa, impulsionado pela invasão urbana (fot. 1). Esse fato é confirmado se compara com os mapas temporais, com a evolução da ocupação do solo em que as áreas onde antes havia vegetação, foram predominantemente ocupadas pela mancha urbana.



Fot. 1 - Resíduos vegetais em terreno com solo exposto (Fotografia dos autores, tirada em 2021).

Photo 1 - Plant residues on land with exposed soil (Photograph taken by the authors in 2021).

Além disso, a supressão vegetal abre espaço para a implementação de espécies não-nativas, como foi identificado “*in loco*”. Foram observados também, vários tipos de vegetações de grande porte (bananeiras, coqueiros e mamoeiros), que devem ser evitados, pois aumentam os riscos de deslizamentos.

Segundo Silva (2020), o processo de supressão vegetal amplia o arraste gradativo das camadas superficiais, além de diminuir a capacidade de carga e de absorção de água

TABELA IV - Análise dos riscos ambientais.

TABLE IV - Analysis of environmental risks.

Impactos Ambientais	Parâmetros dos Impactos Ambientais		Resultados				
	Efeitos	Possíveis Causas	O	G	D	A	IRA
Supressão vegetal	Solo exposto; Redução da taxa de infiltração pluvial; Redução da biodiversidade; Substituição por espécies impróprias	Novas construções; aberturas de vias; Expansão de áreas urbanas	1	3	3	3	10
Deposição irregular de resíduos sólidos	Acúmulo de resíduos nas bermas da encosta; Obstrução de galerias e drenos; Poluição das águas	Coleta pública ineficiente; Carência na educação ambiental	3	2	3	3	11
Saneamento Ambiental (Água e Esgoto)	Esgotamento sanitário e captação de águas deficientes; Contaminação da água	Infraestrutura deficiente; Falta de planejamento ambiental	3	2	3	3	11
Urbanização Irregular	Impermeabilização da cobertura natural; Cortes irregulares no terreno natural/taludes; Tipologias construtivas irregulares	Falta de fiscalização dos órgãos públicos; Falta de instrução aos moradores	3	1	3	2	9
Processos erosivos	Deslizamentos; Redução da capacidade do solo em suportar cargas	Alterações na estrutura do solo; Solo exposto; terraplanagem e fundações	1	2	1	2	6

Elaborado em 2021 / Developed in 2021.

das chuvas pelo solo. De acordo com Villa Verde e Santos (2019) e Lisboa, Barros e Nascimento (2020), a ausência da vegetação implica a exposição do solo e o torna vulnerável à ação direta das chuvas e águas correntes.

O impacto “Supressão Vegetal” para a área de estudo obteve IRA igual a “10”. O alto índice de supressão vegetal é um resultado comum para regiões de encostas, principalmente quando ocupadas de maneira irregular.

Deposição Irregular de Resíduos Sólidos Urbanos

Foi observado não só a deposição irregular de resíduos domésticos, como também de resíduos da construção civil (fot. 2), principalmente, nas ruas e às margens do canal existente na área.

De acordo com Araújo, Araujo, Martins e Barbosa (2018), a deposição irregular de resíduos sólidos provoca impactos de ordem tanto ambiental quanto social. Além de serem fontes de contaminação do solo e das águas, podem causar bloqueios que impossibilitam o curso das águas pluviais e, aliados a condições climáticas propícias, atrair animais peçonhentos e vetores de doenças, como ratos, moscas, insetos e escorpiões. Portanto, afetam a saúde e qualidade de vida da população.



Fot. 2 - Deposição irregular de resíduos de construção/ demolição ((Fotografia dos autores, tirada em 2021).

Photo 2 - Inappropriate disposal of construction/ demolition waste (Photograph taken by the authors in 2021).

Esta quantidade de resíduos nas encostas provoca o acúmulo de água no solo, colaborando com o processo de saturação e conseqüente deslizamento.

O impacto deposição irregular de resíduos sólidos urbanos obteve um IRA muito alto, avaliado com peso “11”, pois ocorre diariamente, sendo de fácil percepção e pode acarretar conseqüências, além das fronteiras da região onde ocorre.

Resultados similares de alto índice de risco também foram obtidos para outras regiões de ocupação irregular na RMR. No estudo de Nascimento (2019), para uma

encosta no município de Olinda, foi obtido IRA 10 pois no local foi observado diversos pontos de deposição irregular e de distribuição aleatória. Na área estudada por Santos, Silva e Lafayette. (2019), no bairro de Dois Unidos, os resíduos sólidos causaram a obstrução da drenagem, sendo um dos principais agravantes para o deslizamento de solo ocorrido no local.

Saneamento Ambiental (Água e Esgoto)

Nas áreas mais próximas aos taludes foi observada a falta de infraestruturas de drenagem e esgotamento sanitário no local. É possível verificar tanto as águas residuais escoando pelas vias a céu aberto, como também algumas residências desviam seu esgoto diretamente para o canal existente, ocasionando a poluição das águas.

De acordo com Sanear (2014), cerca de 70 % áreas de colinas apresentam condições de esgotamento sanitário crítica ou muito crítica. A implantação de redes de esgoto demanda custo e maior trabalho, não recebendo o investimento adequado. Essa carência leva a população a despejar suas águas residuais em galerias pluviais, prejudicando o sistema de drenagem, podendo também causar seu entupimento. Com a chuva, aumenta o risco de transbordamentos e transmissão de doenças.

Quanto à drenagem, ainda segundo Sanear (2014), no Atlas das infraestruturas públicas nas comunidades de interesse social do Recife, essas estruturas estão associadas às obras de pavimentação de vias (ruas, escadarias) com a implementação de canaletas e galerias.

Constata-se que a ausência de estrutura de captação e escoamento das águas auxiliam no processo de carreamento de partículas, erosão e estabilidade das encostas. Ademais, o lançamento de esgoto direto no curso d’água provoca poluição e comprometimento de sua qualidade para além da área onde foi inicialmente contaminada. Ainda, as águas residuais, tal como os resíduos sólidos, podem ser fonte de atração de vetores de doenças. Por esses fatores, o IRA para o impacto Saneamento Ambiental (Água e Esgoto) atingiu nível muito alto, com peso 11.

Urbanização Irregular

Percebe-se que o processo de edificação dos imóveis encontrados no local é característico dos processos de autoconstrução. Nesse processo, segundo Villa Verde e Santos (2019), a população residente se configura como os agentes modificadores do espaço. Muitas das edificações observadas possuíam mais de um pavimento, até mesmo aquelas encontradas nos topos dos taludes, acarretando maior risco.

Em geral, as casas e pequenos edifícios possuíam acabamento externo simples, com pintura ou sem

revestimento algum, em alvenaria e a grande maioria apresentou cobertura em telhas de fibrocimento. Quanto à existência de muro, muitas não possuíam, enquanto outras eram cercadas por uma estrutura baixa, havendo, ainda, cercas de delimitação de terreno, constituídas por madeira simples e vegetação de pequeno e médio porte.

O local possui relevo bastante acidentado e uma presença considerável de edificações no topo e pé dos taludes, sendo também observadas algumas residências instaladas entre o topo e o pé dos taludes. Foi possível identificar o uso intensivo do solo, com alteração de sua formação original e execuções de cortes, de acordo com a necessidade de espaço de cada imóvel, sem o devido planeamento estrutural para o uso. Foram também encontrados diversos pontos de deposição de materiais de construção próximos aos muros das futuras edificações, nos terrenos ou nas laterais das vias.

No presente estudo, obteve-se um nível de IRA para o impacto ambiental Urbanização Irregular alto, avaliado com peso 9. Esse impacto foi considerado facilmente detectável e de abrangência regional, contudo, seus efeitos são verificados principalmente no período de inverno, com a alta do volume de chuvas mensais.

Processos erosivos e mudanças na consistência do solo

Foi verificada a incidência de processos erosivos principalmente na encosta que estava sendo monitorada, por ser considerada sujeita ao risco iminente de movimentação.

A aplicação de lonas plásticas é uma medida não estrutural realizada pela prefeitura que tem por objetivo minimizar o contato das águas sobre o solo e, assim, reduzir a infiltração.

De acordo com Villa Verde (2019), com a falta de manutenção essas estruturas sofrem rompimentos que permitem a passagem da água ocasionando, assim, um fenômeno denominado piping. O escoamento das águas infiltradas ocorre por debaixo das lonas, que encobrem o movimento de sedimentos, e, conseqüentemente, agravam a situação da erosão local.

Foi analisada também a variação dos níveis de base para uma seção que corta horizontalmente a área de estudo, na latitude 9117800, cruzando a barreira onde ocorreu recente deslizamento na Rua Ageu (fig. 9). As maiores mudanças ocorreram entre os anos de 1986 e 2018.

Em 32 anos, o pico da seção teve uma alteração de mais 12 metros, passando de 70 para 82 metros de altitude. Já o ponto mais baixo sofreu um acréscimo de 14 metros, variando de 20 para 34 metros. As mudanças observadas nas imagens evidenciam a ocorrência de processos de erosão e deslizamento de montante à jusante.

Processos dessa natureza também foram observados em estudos análogos de Lisboa, Barros e Nascimento (2020) ao analisarem a perda ou acúmulo de sedimentos em uma encosta próxima a residências vulneráveis a risco de deslizamento no município de Itaporanga, Sergipe. Os autores atestaram a ocorrência de processos erosivos e movimen-

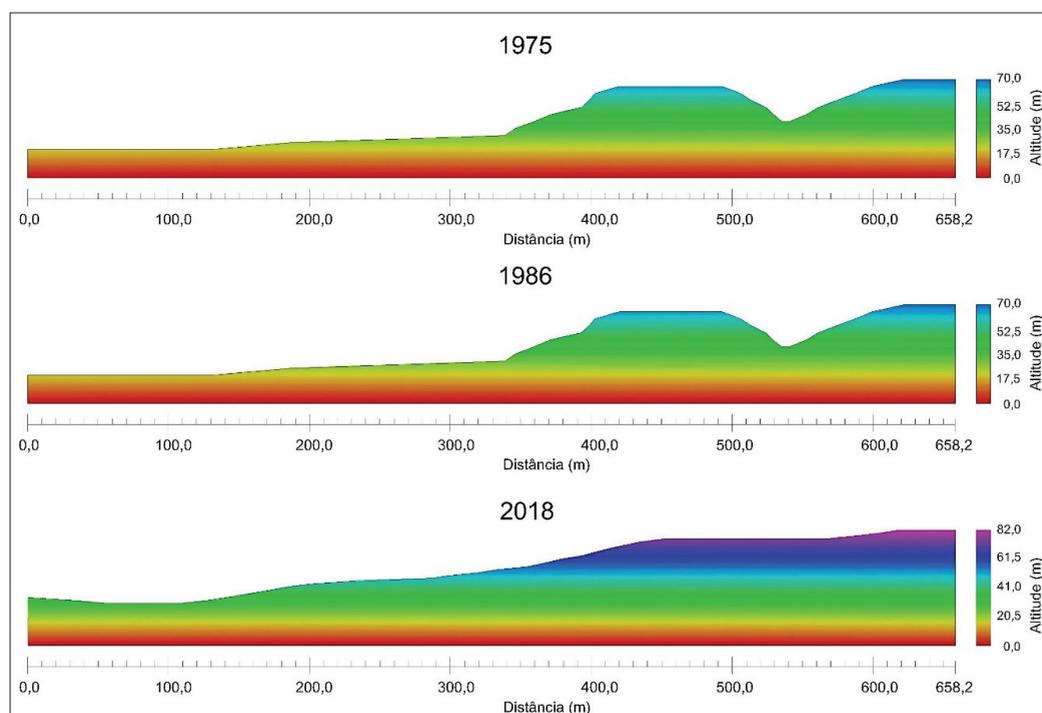


Fig. 9 - Variação dos níveis de base: 1975, 1986 e 2018 (Elaborado em 2021).

Fig. 9 - Variation of base levels: 1975, 1986 and 2018 (Developed in 2021).

tação de massa agravados pela ausência de vegetação, expansão da área urbana e declividade do terreno.

Avaliação semelhante foi realizada por Silva (2020) em sua análise da evolução dos níveis de base para uma encosta no bairro de Nova Descoberta, evidenciando a ocorrência de deslizamentos na região, ao qual o ponto mais alto da seção sofreu uma redução de 16 metros enquanto o nível de base da encosta aumentou 20 metros.

Para o impacto Processos Erosivos e Mudança na Consistência do Solo foi obtido um valor de IRA médio, igual a 6. Esse valor pode ser justificado pois, assim como no item anterior, seus efeitos são verificados principalmente no período de inverno, com a alta da incidência das precipitações. Além disso, embora os deslizamentos ocorram ao menos uma vez por ano, não há um registro de frequência desses movimentos.

Considerações finais

Diante dos escorregamentos registrados na cidade do Recife e na RMR, o estudo evidenciou em um recorte de 47 anos, as alterações decorrentes do uso e ocupação do solo numa área composta por várias encostas, no bairro do Passarinho, no município de Recife, Estado de Pernambuco. Essas alterações foram, em sua maioria, causadas pelas ocupações irregulares e sem planejamento as quais, somadas aos fatores físicos e naturais do local, resultaram em elevados níveis de risco ambiental na região.

A análise temporal do uso e ocupação do solo comprovou o rápido e expressivo avanço da mancha urbana, com crescimento avaliado em 4.119,05 %, banentre os anos de 1975 e 2022. Como consequência desse avanço, a cobertura mais afetada foi à vegetação que obteve uma redução de 30,13 %. Esses dados retratam a falta de planejamento urbano que, em conjunto com as condições naturais e antrópicas, elevam o risco de deslizamentos na área.

Através da análise qualitativa dos riscos ambientais baseada na análise FMEA foram verificados cinco impactos ambientais. Todos os impactos obtiveram índice de risco ambiental (IRA) entre os valores médio (6) e máximo (12), com valores avaliados entre 6 e 11. Concluiu-se que os Resíduos Sólidos Urbanos e o Saneamento Ambiental (água e esgoto) são os impactos que mais afetam a área, obtendo IRA peso 11

O impacto dos processos erosivos obteve IRA de valor 6. Seus efeitos, além de estarem diretamente conectados à ocorrência dos outros impactos, são verificados principalmente no período de inverno na Região Metropolitana do Recife.

Desta maneira, pode-se afirmar que a região de estudo se configura como um ponto de convergência de

condicionantes propícios à ocorrência de deslizamentos, como o ocorrido em julho de 2019.

Os resultados são fundamentais, principalmente para a população residente nesta área considerada de risco, uma vez que podem auxiliar os órgãos públicos competentes na tomada de decisão e definição de prioridades de ação. Além disso, contribuem também no direcionamento do diálogo com a comunidade local, a fim de desenvolver ações participativas que minimizem a exposição aos riscos ambientais.

Referências

- Albuquerque, R. A., Carvalho, F. A., Ximenes, T. C. F. e Lafayette, K. P. V. (2017). Temporal Evolution of Occupation and Land Use in an Area of Risk Slope's in the City of Jaboatão dos Guararapes - Brazil. *Electronic Journal of Geotechnical Engineering*. 22 (3), 809-818.
- Alencar, J. O. D. (2013). *Conjunto Residencial Passarinho, o bairro mais abandonado do Recife: Blog Vozes da Zona Norte*. Disponível em: <https://vozesdazonanorte.blogspot.com/2013/01/passarinho-alto-o-bairro-mais.html>. Acesso em: 12 set. 2019.
- APAC - AGÊNCIA PERNAMBUCANA DE ÁGUAS E CLIMA (2021). *Monitoramento Pluviométrico*. Disponível em: <http://old.apac.pe.gov.br/meteorologia/monitoramento-pluvio.php#>. Acesso em: 01 mai. 2021.
- Araújo, F. N. F., Araujo, V. B., Martins, M. F. e Barbosa, M. F. N. (2018). Impactos socioambientais provocados por resíduos sólidos em terrenos baldios de Campina Grande-PB: um olhar fotográfico. In: EL-DEIR, S. G., Santos, J. P. O., Silva, R. C. P., Mello, D. P. (Org.). *Resíduos Sólidos: impactos socioeconômicos e ambientais*. Recife: EDUFPE, ISBN 978-85-7946-313-6, 104-120.
- Bandim, C. G. de A. e Galvêncio, J. D. (2021). Mapeamento das áreas de armazenamento de água em depressão, usando dados LIDAR: Estudo de caso avenida Caxangá. *Revista Brasileira de Geografia Física*, 14 (1), 058-067, ISSN 1984-2295.
- Barbosa, W. B., Araújo, V. M. C., Ferreira, R. L. C., Silva, J. A. A. e Silva, H. P. (2011). Análise espaço-temporal por fotointerpretação do uso e ocupação do solo de um trecho do setor leste do Parque dos Manguezais, Boa Viagem, Recife-PE, Brasil. *XV Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto - Sbsr, Proceedings...* Curitiba, 7007-7013.
- Barros Junior, W. W. de, e Silva, J. A. F. da. (2018). Mapeamento de Sensibilidade Ambiental ao Desenvolvimento: estudo de caso na Região Hidrográfica VIII - RJ (Mapping of Environmental

- Sensitivity do Development: case study at Hydrographic Region VIII - RJ). *Revista Brasileira de Geografia Física*, 11 (2), 585-600, ISSN 1984-2295.
- Bócoli, F. A. (2021). *Caracterização de latossolos em topossequência e de argissolos em hidrosequências com apoio de sensores próximos* (Dissertação em Ciência do Solo). Universidade Federal de Lavras, Lavras, Minas Gerais.
- Cardoso, A. L. & Vargas, M. A. R. (2006). Construção social da moradia de risco: a experiência de Juiz de Fora (MG). *Revista Brasileira De Estudos Urbanos E Regionais*, 8(1), 59.
DOI: <https://doi.org/10.22296/2317-1529.2006v8n1p59>
- Carvalho, R. M., Moraes, N. A., Silva, H. F. & Bernardes, I. M. M. (2019). Deslizamento de encostas devido a ocupações irregulares / Slope slope due to irregular occupations. *Brazilian Journal Of Development*, 7 (5), 9765-9772.
- Cavalcanti, H., Miranda, L., Souza, M. A. e Neves, N. (2016). Tipologia e Caracterização dos Assentamentos Precários: Região Metropolitana do Recife. In: Morais, M. da P., Krause, C., Lima Neto, V. C. (ed.). *Caracterização e Tipologia de Assentamentos Precários: estudos de caso brasileiros*. Brasília: Ipea, p. 540.
- Chao, Z., Shang, Z., Fei, C., Zhuang, Z. & Zhou, M. (2023) Spatio temporal Analysis of Urban Expansion in the Mountainous Hindu Kush Himalayas Region. *Land*, 12 (3).
- Chen, W., Wang, G. & Zeng, J. (2023). Impact of urbanization on ecosystem health in Chinese urban agglomerations. *Environmental Impact Assessment Review*, 98. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ear.2022>.
- Cordero, M., Severo, D. L., Silva, H. S., Tachini, M. & Medeiros, P. A. (2009, novembro) Estudo da precipitação máxima diária para Blumenau/SC e o evento de novembro de 2008. *Anais XVIII Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos*, Campo Grande, Brasil.
- Corominas, J., Van Westen, C., Frattini, P., Cascini, L., Malet, J.-P., Fotopoulou, S., Catani, F., Eeckhout, M. van Den, Mavrouli, O., Agliardi, F., Pitiakakis, K., Winter, M. G., Pastor, M., Ferlisi, S., Tofani, V., Hervás, J. e Smith, J. T. (2014). Recommendations for the quantitative analysis of landslide risk. *Bulletin Of Engineering Geology And The Environment*, 2, (73), 209-263.
- Corrêa, A. C. de B. (2006). Contribuição à Análise do Recife como um Geossistema Urbano. *Revista de Geografia do Programa de Pós-graduação em Geografia*, Recife, 3 (23), 86-102. Departamento de Ciências Geográficas, Universidade Federal de Pernambuco.
- EMBRAPA - EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPÉCUARIA (2001). *Zoneamento Agroecológico do Estado de Pernambuco (ZAPE)*. Disponível em: <https://www.embrapa.br/busca-de-solucoes-tecnologicas/-/produto-servico/4697/zoneamento-agroecologico-do-estado-de-pernambuco-zape>. Acesso em Setembro de 2023.
- EMBRAPA -EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA (2022). *Embrapa Solos: Atributos do Solo*. Disponível em: <https://www.embrapa.br/solos/sibcs/atributosdosolo/outrosatributos#:~:text=Rela%C3%A7%C3%A3o%20silte%20Fargila&text=%C3%89%20empregada%20em%20solos%20de,textura%20argilosa%20ou%20muito%20argilosa>. Acesso em Setembro. 2023.
- Fernandes, L. P. (2015). *Avaliação da erodibilidade de um perfil de solo típico da área do campo de instrução de Santa Maria RS (Dissertação de Mestrado em Engenharia Civil)*. Centro de Tecnologia, Universidade Federal de Santa Maria. Santa Maria, RS.
- Ferreira, R. V., Dantas, M. E. & Chinzato, E. (2014). *Origem das paisagens do estado de Pernambuco* (1a ed). Recife: CPRM.
- FIDEM - FUNDAÇÃO DE DESENVOLVIMENTO MUNICIPAL (2003). *Manual de Ocupação dos Morros da Região Metropolitana do Recife*. Recife, 384p.
- Fontoura, T. B., Coutinho, R. Q. & Silva, F. O. T. da, (2023). Geochemical and Mineralogical Contributions in the Study of Sedimentary Rock (Barreiras Formation) Soils, Recife/ Brazil: Implications for Landslides. *Geotech Geol Eng.*, 41, 205-224.
- Guitarrara, P. (2022) *Deslizamento de terra no Brasil*. Brasil Escola. Disponível em: <https://brasilecola.uol.com.br/geografia/enchentes-deslizamentos-terrano-brasil-principais-causas.htm>. Acesso em 22 de outubro de 2022.
- Gusmão, A. D. (1997). Estudo das encostas ocupadas do Recife. In *Panan symposium and landslide, COBRAE*, Rio de Janeiro, p. 919.
- He, H., Hu, D., Sun, Q., Zhu, L., Liu, Y. (2019). A landslide susceptibility assesment method based on GIS technology and an AHP - Weighted Information Content method: a case study of souther anhui, China. *ISPRS Int. J. Geo-Inf*, 8(6), 266.
- Jatobá, L. E Silva, A. F. (2022). Estruturação natural de paisagens da Zona da Mata do Estado de Pernambuco. *Ciência Geográfica*. 26 (1), 9-33.
- Jiang, W., Lü, Y., Liu, Y. & Gao, W. (2020). Ecosystem service value of the Qinghai-Tibet Plateau significantly increased during 25 years. *Ecosystem Services*, 44.

- Kuhnen, A. Meio ambiente e vulnerabilidade: a percepção ambiental de risco e o comportamento humano. *Geografia (Londrina)*, 18 (2), 37-52, 2009.
- Li, X., Gong, P., Zhou, Y., Wang, J., Bai, Y., Chen, B., Hu, T., Xiao, Y., Xu, B. & Yang, J. (2020). Mapping global urban boundaries from the global artificial impervious area (GAIA) data. *Environmental Research Letters*, 15 (9).
- Lisboa, F. T., Barros, G. V. P. e Nascimento, P. S. R. (2020). Análise da vulnerabilidade ao processo erosivo das encostas: estudo de caso Município de Itaporanga D'Ajuda (SE). *Ciência & Natura*, 42 (61), 21.
- Mangussi Filho, C. B., Fernandes, G. H. de M., Pereira, D. P., Valle Junior, R. F. do, Souza, A. D. (2022). Análise temporal - ambiental das mudanças de uso do solo em Nova Ponte (MG). *Acta ciências ambientais do IFTM [livro eletrônico]*/ organização Adley Camargo Ziviani... [et al.]. -- Campina Grande: Editora Amplla, 194 p.
- Miranda, A. C. da S.eLima, A. M. M. de. (2021). Análise de Erosões Urbanas e o Risco associado as Voçorocas de Açailândia-MA. *Revista Brasileira de Geografia Física*, 14, (2), ISSN 1984-2295.
- Moraes, S. T. (2018). Áreas urbanas inundáveis, perspectivas de gestão nos contextos francês e brasileiro. *Confins:Revista Franco-brasileira de Geografia*, (36), OpenEdition. DOI: <http://dx.doi.org/10.4000/confins.13488>
- Moreira, T. R., Santos, R. S., Dalfi, R. L., Campos, R. F., Santos, G. M. A. D. A.e Eugenio, F. (2015). Confronto do Uso e Ocupação da Terra em APPs no Município de Muqui, ES. *Floresta e Ambiente*, 22 (2), 141-152.
- Nascimento, L. A. (2019). *Avaliação dos riscos ambientais decorrentes de ocupações irregulares em encostas no município de Olinda/PE (Monografia - Graduação em Engenharia Civil)*. Escola Politécnica de Pernambuco, Universidade de Pernambuco, Recife.
- Paixão, T. S., Mesquita, I. S. B., Costa, M. S. S., Carneiro, C. R. O., Gonçalves, C. S., Botelho, M. G. L., Furtado, L. G., Batista, V., Lima, A. Z. S. e Moraes, G. P. (2020). Multitemporalidade do uso e cobertura da terra utilizando a plataforma Google Earth: estudo de caso do Centro Sócio Educacional Fazendinha Esperança, Marituba, Pará. *Revista Brasileira de Geografia Física*, 13 (06), 2874-2884.
- Pereira, P. B., Nunes, H. K. B.eAraújo, F. A. S. (2021). Análise multitemporal de uso, ocupação e cobertura da terra na zona Leste da cidade de Caxias/ Maranhão/Brasil. *Revista Brasileira de Geografia Física*, Recife, 14 (3).
- Petley, D.N. (2012). *Landslides and engineered slopes: protecting society through improved understanding*. In: Eberhardt, E., Froese, C., Turner, A. K.,Leroueil, S. (ed.) *Landslides and engineered slopes Vol 1*. London: CRC Press, 3-13.
- Pinto, R. C., Passos, E.,Caneparo, S. C. (2012).Classificação dos Movimentos de Massa Ocorridos em Março de 2011 na Serra da Prata, Estado do Paraná. *Geongá: Revista do Programa de Pós-Graduação em Geografia*, Maringá, Maringá, 4 (1), 3-27.
- RECIFE - PREFEITURA DO RECIFE. (2019a).*Passarinho*. Disponível em: <http://www2.recife.pe.gov.br/servico/passarinho>. Acesso em: 12 set. 2019.
- RECIFE - SECRETARIA DE INFRAESTRUTURA. PREFEITURA DO RECIFE (2019b). *Balanco // Chuvas 24/07/2019*. Disponível em: <http://www2.recife.pe.gov.br/node/289479>. Acesso em: 16 out. 2020.
- Rimal, B., Sharma, R., Kunwar, R., Keshtkar, H., Stork, N.E., Rijal, S., Rahman, S.A. & Baral, H. (2019). Effects of land use and land cover change on ecosystem services in the Koshi River Basin Eastern Nepal. *Ecosystem Services*, 38.
- Rodrigues, B. M., Osco, L. P., Antunes, P. A.e Ramos, A. P. M. (2019). Avaliação da influência do uso e cobertura da terra na qualidade das águas superficiais da bacia hidrográfica do rio Pirapozinho (SP). *Revista Brasileira de Geografia Física*, 12, (3), 738-753, ISSN 1984-2295.
- Rusk, J., Maharjan, A., Tiwari, P., Chen, T., Shneiderman, S., Turin, M. & Seto, K.C. (2021). Multi-hazard susceptibility and exposure assessment of the Hindu Kush Himalaya. *Science Of The Total Environment*, 804, 2021.
- SANEAR -AUTARQUIA DE SANEAMENTO DO RECIFE (2014). *Atlas Das Infraestruturas Públicas Nas Comunidades De Interesse Social Do Recife*.
- Santana, J. K. R. (2020) *Aplicação do modelo hierárquico analítico (AHP) na previsão das áreas de perigo a escorregamentos em Recife (PE)*. (Dissertação em Geografia). Universidade Federal de Pernambuco, Recife, Pernambuco.
- Santos, C. L. dos, Silva, O. G. da, Vital, S. R. O. (2022). Mapeamento de Áreas de Risco Associadas ao Carste em Área Urbana no Município de João Pessoa-PB. *Sociedade & Natureza*, vol. 34, no. 1. DOI: <https://doi.org/10.14393/sn-v34-2022-63641>
- Santos, A. M. S. P. (2020). Política Urbana no Brasil: A Difícil Regulação de uma Urbanização Periférica. *Geo UERJ*, (36), e47269, ISSN 1981-9021.
- Santos, A. D., Vital, S. R. (2020). Riscos Geomorfológicos No Município De Caicó-RN. *Revista Brasileira de Geografia Física*, v. 13, n. 2, 434-448.

- Santos, R. M. dos. (2016). *Caracterização e evolução hidrogeoquímica das águas subterrâneas do município de Recife-PE (Dissertação de Mestrado)*. Curso de Programa de Pós-graduação em Geociências, Centro de Tecnologia e Geociências, Universidade Federal de Pernambuco, Recife.
- Santos, M. J. P., Silva, T. A. e Lafayette, K. P. V. (2019). *Impactos Ambientais causados por resíduos sólidos numa encosta no município de Recife-PE*. In: Aguiar, A. C., Silva, K. A., EL-Deir, S. G. (Ord.). *Resíduos Sólidos: Impactos socioeconômicos e ambientais*. Recife: EDUFPE, 83-92.
- Schleder, C. S. (2020). *Urbanização em áreas de risco: Uma proposta para a Costeira do Pirajubaé (Monografia - Graduação)*. Centro Tecnológico, Universidade Federal de Santa Catarina, Santa Catarina.
- Shen, P., Zhao, S., Ma, Y. & Liu, S. (2023) Urbanization-induced Earth's surface energy alteration and warming: A global spatiotemporal analysis. *Remote sensing of environment*, 284.
DOI: <https://doi.org/10.1016/j.rse.2022113361>
- Silva, M. L. E. (2020). *Riscos Ambientais Associados a Urbanização: Análise Temporal de Ocupações Desordenadas em uma Encosta do Município do Recife (Monografia - Graduação em Engenharia Civil)*. Escola Politécnica de Pernambuco, Universidade de Pernambuco, Recife.
- Silva, F. A. A., Barbosa, B. G. S. e Duarte, C. C. (2019). Análise da interação entre eventos pluviométricos e ações antrópicas como agentes deflagradores de deslizamentos na Zona Norte do Recife. *Revista de Geociências do Nordeste*, 5(1), 01-11.
- Silva, T. C. L. e Ferreira, B. (2019). Transformações multi-temporais do uso e coberturas das terras no bairro de Cruz das Almas, litoral norte de Maceió, Alagoas, Nordeste do Brasil. *Revista Brasileira de Geografia Física*, 12, (1), 310-325.
- Silva, S. C. S. e Lima, A. M. M. (2019). Análise do uso e ocupação da terra e sua influência na sub-bacia do Ji-Paraná. *Revista Brasileira de Geografia Física*, 12 (01), 201-212.
- Silva, T. E. F. (2020). *Análise da estabilidade da encosta do Miradouro de São Pedro de Alcântara, Lisboa (Tese de Doutorado)*. Faculdade de Ciências e Tecnologia, Universidade de Coimbra, Coimbra.
- Silva, L. M., Silva, B. Q. e Schuler, C. A. B. (2018). Utilização de Cartas Imagem para caracterização do zoneamento urbano. *Revista Brasileira de Geografia Física*, 11 (04), 1401-1415.
- Soares, S. R. e Moraes, S.T. (2019). Mismatches in the urbanization process of informal settlements in Morro da Cruz - Florianópolis, SC. *URBE, Rev. Bras. Gest. Urbana*, (11) ,e20170199.
- Stamatis, D. H. (2003). *Failure mode and effect analysis: FMEA from theory to execution*. ASQC Quality Press, 2003.
- Tsagkis, P., Bakogiannis, E. & Nikitas, A. (2023). Analysing urban growth using machine learning and open data: An artificial neural network modelled case study of five Greek cities. *Sustainable Cities And Society*, 89.
- Villa Verde, V. G. R. (2019). *Diagnóstica erosão urbana da cidade de Recife, Pernambuco (Dissertação de Mestrado)*. Curso de Programa de Pós-graduação em Geociências, Centro de Tecnologia e Geociências - CTG, Universidade Federal de Pernambuco.
- Villa Verde, V. G. R. e Santos, A. C. (2019). Riscos Geológicos Urbanos nos Morros da Cidade de Recife - Pernambuco. *Revista de Geografia: Programa de Pós-Graduação em Geografia da UFPE*, Recife, 36, (3), 160-178.
- Wenceslau, F. F. e Rocha, J. M. (2012). A ferramenta de análise FMEA como suporte para a identificação dos aspectos e impactos ambientais em uma agroindústria de arroz. *Tecnológica*, 16 (1), 56-66.