



AVALIAÇÃO ESPAÇO-TEMPORAL DO PROCESSO DE USO E OCUPAÇÃO DE UMA ENCOSTA NO BAIRRO DE MACAXEIRA - RECIFE/PE - BRASIL

Igor Silva Santos¹, <http://orcid.org/0000-0002-2086-5613>
Maria Conceição da Costa Silva², <http://orcid.org/0000-0001-6914-1969>
Giovani de Aguiar Azevedo³, <http://orcid.org/0000-0002-6972-3595>
Kalinny Patrícia Vaz Lafayette⁴, <http://orcid.org/0000-0002-7954-2317>
Simone Rosa da Silva⁵, <http://orcid.org/0000-0001-7138-7546>

¹Universidade de Pernambuco, Recife, Pernambuco, Brasil*
²Universidade de Pernambuco, Recife, Pernambuco, Brasil**
³Universidade de Pernambuco, Recife, Pernambuco, Brasil***
⁴Universidade de Pernambuco, Recife, Pernambuco, Brasil****
⁵Universidade de Pernambuco, Recife, Pernambuco, Brasil*****

Artigo recebido em 13/02/2023 e aceito em 13/04/2023

RESUMO

O movimento das populações em direção aos centros urbanos é um fenômeno global, com significativos impactos socioambientais. Nesse contexto, visando identificar os impactos decorrentes de ações antrópicas, o monitoramento espaço-temporal com o uso de sistemas de informações georreferenciadas foi utilizado neste estudo para avaliar em escala multitemporal o uso, a ocupação e a cobertura de terra de uma encosta localizada na Rua Alto do Olho D'água, em Buriti, bairro da Macaxeira, no município de Recife/PE. A pesquisa se apoiou na elaboração de mapas para a classificação quali-quantitativa das áreas, indicando o tipo de uso e ocupação ao longo do tempo, a partir de imagens de satélites e ortofocartas, referentes ao período de 47 anos, compreendido entre os anos de 1974 e 2021. Os resultados apontaram severos agravos socioambientais, que contribuem para o aumento da instabilidade da encosta, indicando taxas significativas de variação da área classificada como mancha urbana, assim como de supressão de vegetação, que variaram de (+)29,11% e (-)20,96%, respectivamente. A área remanescente de vegetação apresenta declividade superior a 30%, inviabilizando o uso habitacional. Entre 1974 e 2021, a taxa de mancha urbana passou de 53,47% para 82,57%, evidenciando uma ocupação intensa e desordenada da área, sugerindo fragilidade na atuação dos órgãos municipais de planejamento e controle urbano.

Palavras-chave: crescimento urbano; análise temporal; impacto socioambiental; declividade

*Mestrando do programa de pós-graduação em Engenharia Civil, Universidade de Pernambuco, E-mail: iss4@poli.br

**Mestranda do programa de pós-graduação em Engenharia Civil, Universidade de Pernambuco, E-mail: mccs1@poli.br

***Mestrando do programa de pós-graduação em Engenharia Civil, Universidade de Pernambuco, E-mail: gaa1@poli.br

****Professora Doutora do programa de pós-graduação em Engenharia Civil, Universidade de Pernambuco, E-mail: klafayette@poli.br

*****Professora Doutora do programa de pós-graduação em Engenharia Civil, Universidade de Pernambuco, E-mail: simonerosa@poli.br

SPATIO-TEMPORAL EVALUATION OF THE USE AND OCCUPATION OF A SLOPE IN THE MACAXEIRA NEIGHBORHOOD– RECIFE, PE – BRAZIL

ABSTRACT

The migration of populations towards urban centers is a global phenomenon, with significant socio-environmental impacts. In order to identify the impacts resulting from anthropic actions, this study used spatial-temporal monitoring with georeferenced information systems to assess the use, the occupation, and land cover of a slope located on Alto do Olho D'agua Street, in Buriti, of the Macaxeira district, in Recife, PE on a multitemporal scale. The study was based on the preparation of maps for a qualitative-quantitative classification of the areas, indicating the type of use and occupation over time, based on satellite images and orthophotos, for a period of 47 years, from 1974 to 2021. The results indicated severe socio-environmental aggravations, which contribute to an increase in slope instability, showing significant rates of change in urban areas, along with the suppression of vegetation suppression, with rates of change being (+)29.11% and (-)20.96%, respectively. The remaining vegetation area has an average slope of more than 30%, making housing unfeasible. Between 1974 and 2021, the amount of urban sprawl increased from 53.47% to 82.57%, an intense and disorderly occupation of the area, suggesting fragility in the performance of municipal urban planning and control agencies.

Keywords: urban growth; temporal analysis; socio-environmental impacts; slope

EVALUACIÓN ESPACIO-TEMPORAL DEL PROCESO DE USO Y OCUPACIÓN DE UNA LADERA EN EL BARRIO DE MACAXEIRA - RECIFE / PE - BRASIL

RESUMEN

El movimiento de poblaciones hacia los centros urbanos es un fenómeno global, con importantes impactos socioambientales. En este contexto, con el fin de identificar los impactos derivados de las acciones humanas, en este estudio se utilizó el monitoreo espacio-temporal utilizando sistemas de información georreferenciados para evaluar el uso, la ocupación y la cobertura del suelo de una ladera ubicada en la Rua Alto do Olho D'agua, en Buriti, barrio de Macaxeira, en el municipio de Recife/PE. La investigación se basó en la elaboración de mapas para la clasificación cualitativa y cuantitativa de las áreas, indicando el tipo de uso y ocupación a lo largo del tiempo, a partir de imágenes satelitales y ortofotos, referentes al período de 47 años, entre los años 1974 y 2021. Los resultados apuntaron graves problemas socioambientales, que contribuyen al aumento de la inestabilidad de laderas, indicando tasas de variación significativas en el área clasificada como mancha urbana, así como la supresión de la vegetación, que oscilaron entre (+)29,11% y (-) 20,96%, respectivamente. La superficie restante de vegetación presenta una pendiente superior al 30%, lo que hace inviable el uso habitacional. Entre 1974 y 2021, la tasa de dispersión urbana aumentó de 53,47% a 82,57%, evidenciando una ocupación intensa y desordenada del área, lo que sugiere debilidad en el desempeño de los órganos de planificación y control urbano municipales.

Palabras clave: crecimiento urbano; análisis temporal; impacto socioambiental; Pendiente

INTRODUÇÃO

Historicamente, as populações rurais têm migrado em direção às cidades, visando se beneficiar com a aproximação do desenvolvimento socioeconômico, bem como dos avanços científicos e tecnológicos (SONG *et al.*, 2021). Desse modo, o movimento de urbanização das populações tem se configurado em uma tendência global, gerando consideráveis impactos ambientais (BULTI e ABEBE, 2020).

O desenvolvimento sustentável pode ser afetado pelos impactos econômicos, ambientais e sociais causados pela urbanização (SONG *et al.*, 2021). O acelerado ritmo de urbanização impacta negativamente a gestão urbana nas cidades, resultando em inúmeros problemas a serem enfrentados (LIU; MA, 2020), como a pressão pela implantação de infraestruturas de saúde e educação, mobilidade e, principalmente, acentuando a demanda por habitação.

No Brasil, paralelamente ao processo de industrialização, a intensificação dos movimentos migratórios em direção à cidade ocorreu entre os anos de 1930 até 1980, seguindo o modo de organização centro-periferia (GOMES-RIBEIRO e QUEIROZ-RIBEIRO, 2020). A expansão da urbanização no sentido da periferia se deu, em grande parte, por meio da autoconstrução (LEITE e GIAVAROTTI, 2020). Monteiro *et al.* (2020) indicam que a ocupação desordenada de áreas para construção de moradias, em geral, precárias e insalubres, vem acarretando agravos aos ocupantes e ao meio ambiente.

Ocorrendo, muitas vezes, o assentamento populacional irregular de áreas de mananciais e de encostas, com acessos precários aos serviços urbanos essenciais, como saneamento, energia, serviços educacionais e de saúde (MONTEIRO *et al.*, 2020). De modo que o relevo e a paisagem são constantemente modificados pela ação antrópica, em atendimento às necessidades habitacionais, devido às limitações socioeconômicas (SANTOS; FALCÃO; LIMA, 2020).

Afetando a segurança, as paisagens e a economia, a erosão do solo é um fenômeno global (POLOVINA *et al.*; 2021). Em diversas cidades brasileiras, os cortes de taludes, a retirada da vegetação e os lançamentos de resíduos e efluentes nas encostas colaboram com a ocorrência de desastres (NASCIMENTO *et al.*, 2020). Recife se inclui dentre essas cidades, apresentando áreas significativas de encostas suscetíveis a riscos ambientais, agravados pela característica das ocupações nelas implantadas, além do regime pluviométrico (NASCIMENTO *et al.*, 2020).

Para Pereira, Nunes e Araújo (2021), o avanço da ocupação urbana favorece o aprofundamento das ações de supressão de vegetação nativa e de alteração do relevo, indicando ser fundamental aferir os impactos dessas ocupações (GONÇALVES; SILVA; LAFAYETTE, 2021). Em consequência disso, os acidentes provocados por movimentações de encostas em áreas urbanas ocupadas têm se intensificado ao longo dos anos (BISPO; MELO; TOUJAGUEZ, 2019). Nesse contexto, um dos agravos esperados com a expansão desordenada da ocupação e interação antrópica é a degradação do solo.

A Organização das Nações Unidas para Alimentação e Agricultura (FAO) afirma que, mundialmente, mais de 30% dos solos estão envolvidos em diversos processos de degradação. A erosão é um dos processos que degradam o solo, que se agrava como consequência da ocupação desordenada e diminuição da vegetação (MOURA-BUENO et al., 2018; ROCCATI et al., 2021). A intensificação dos processos erosivos, dentre outros aspectos, está relacionada com: aspectos pluviométricos, consolidação dos materiais geológicos, relevo e características de uso e ocupação da área (BASILIO et al., 2019).

Desse modo, por conta dos crescentes problemas envolvendo o uso e a ocupação do solo, assim como pelas consequências e impactos ambientais advindos desse fenômeno, os estudos nesta área vêm agregando ferramentas e conhecimentos utilizados pela geografia. Dessa forma, a chamada geografia ambiental surge para contribuir quanto à compreensão espacial, ao uso e cobertura do solo e às consequentes alterações de paisagem, resultante das interações homem-natureza (FRANCH-PARDO et al., 2017). Sendo fundamental a realização de análises ambientais por intermédio da compreensão das modificações nas paisagens geomorfológicas, tendo em vista que é possível correlacionar tais modificações aos problemas socioambientais vivenciados na atualidade nas áreas urbanas (CASSIANO e LOPES, 2021).

O monitoramento espaço-temporal se apresenta como uma ferramenta viável para balizar a tomada de decisões pelas esferas públicas, sendo indicada para a priorização de soluções eficazes para a reversão da degradação ambiental apurada em áreas susceptíveis a deslizamentos (SANTOS et al., 2021). Com a elaboração de uma base cartográfica confiável, é possível colaborar com o planejamento urbano, por intermédio da obtenção de uma matriz de informações espaciais, que servirão como um referencial consistente, utilizando-se um sistema de informações georreferenciado (SILVA; SILVA; SCHULER, 2018).

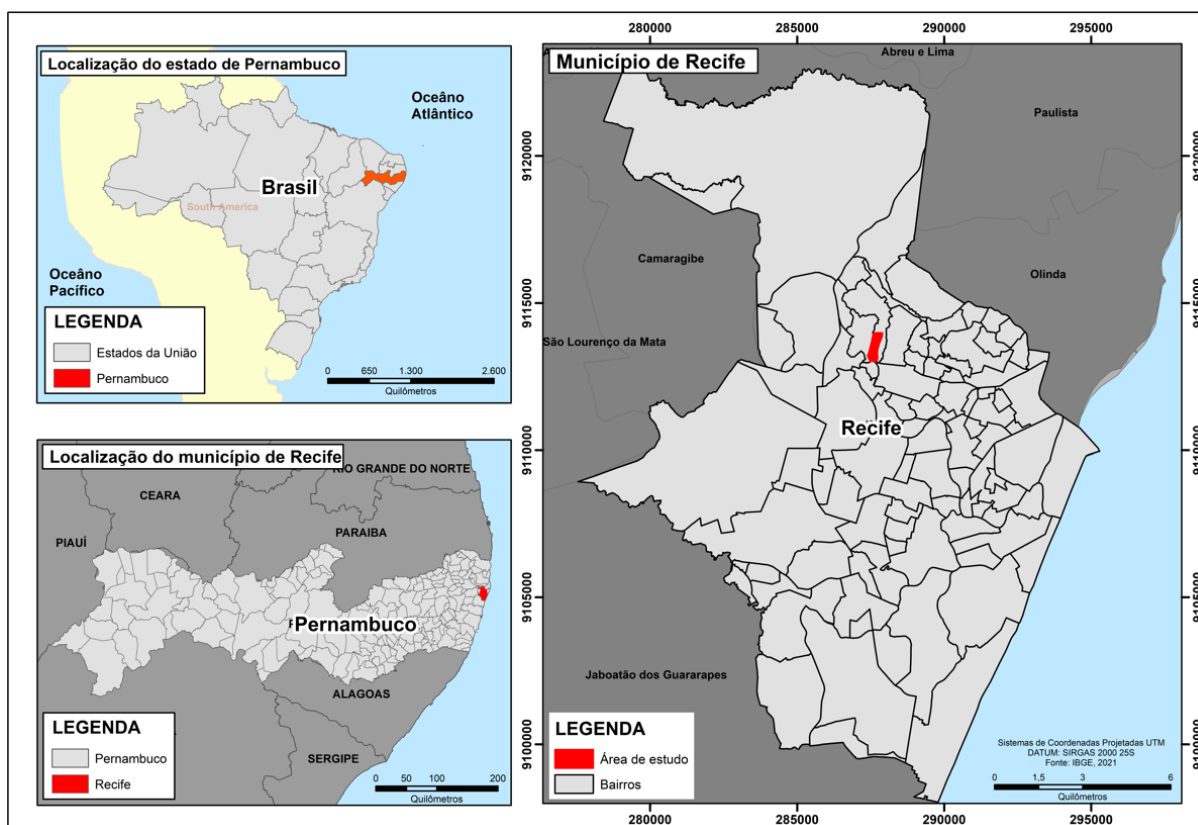
Nesse contexto, este estudo analisou e quantificou o processo de uso, ocupação e cobertura de um solo em uma encosta localizada Rua Alto do Olho D'água, no bairro do Macaxeira, município de Recife-PE, em uma escala multitemporal, visando identificar as consequências decorrentes de ações antrópicas observadas nos processos erosivos.

CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA

O Município de Recife, capital do estado de Pernambuco, está localizado no Nordeste do Brasil, na região costeira (Figura 01), ocupando uma área territorial de 218,843 km² e população estimada de 1.661.017 habitantes (IBGE, 2021). O marco zero está situado a 8°03'47.4" de latitude S e 34°52'16.1" de longitude W, limitando-se ao norte com o município de Paulista, ao sul com o Município de Jaboatão dos Guararapes, a Oeste com os Municípios de Camaragibe e São Lourenço da Mata, ao Noroeste com o município de Abreu e Lima, ao Norte Nordeste com o Município de Olinda e a Leste com o Oceano Atlântico.

Dados da Prefeitura da cidade do Recife (PCR) informam que a área territorial da cidade é dividida em 67,43% de morro, 23,26% de planície, 9,31% de aquática e 5,58% de Zona Especial de Preservação Ambiental – ZEPA. Segundo o Plano diretor da cidade do Recife (2021), 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.

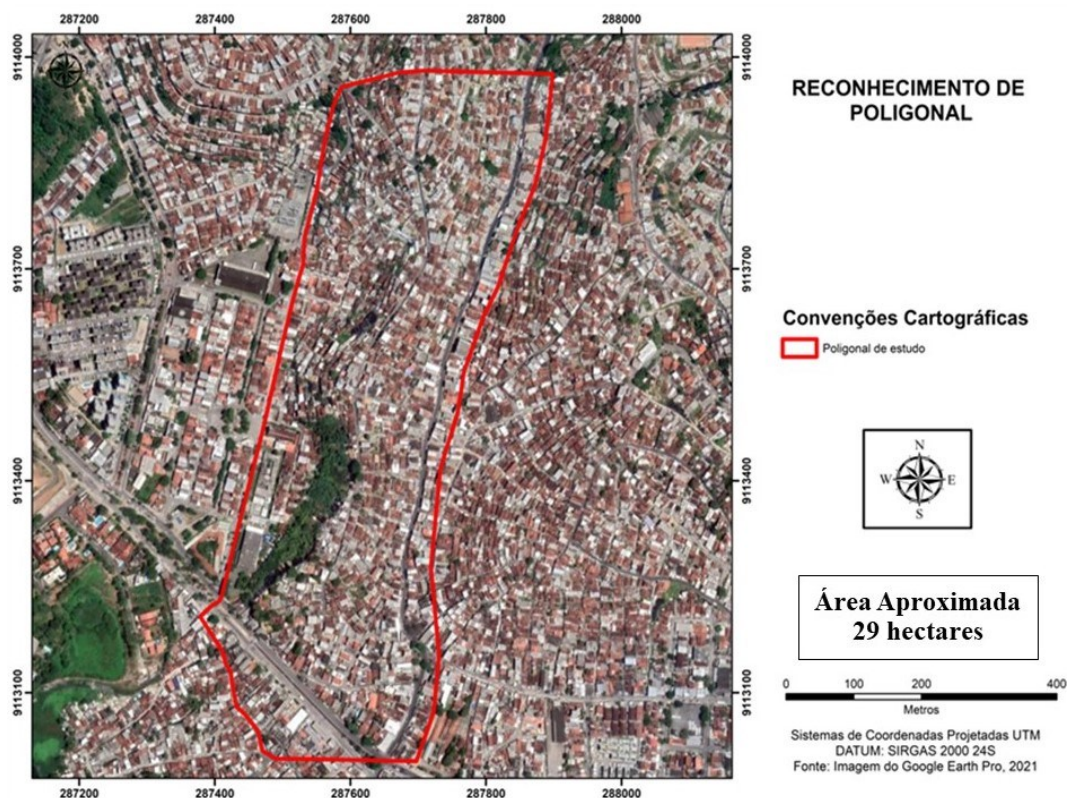
Figura 01 – Mapa de localização do Município de Recife



Fonte: Autores (2022)

A cidade de Recife é dividida em 94 bairros e seis regiões administrativas, as RPA's I, II, III, IV, V VI (PREFEITURA DO RECIFE, 2021). A área de estudo (Figura 02) está situada na RPA III, no bairro da Macaxeira, divisa com o bairro da Nova Descoberta, especificamente na Rua Alto do olho d'água, com latitude de 8° 00' 58.0" S e longitude de 34° 55' 36.9" W (Figura 02).

Figura 02 – Área de Estudo 2021 - Visão Geral



Fonte: Autores (2022)

O Plano Municipal de Redução de Risco (PMRR) (RECIFE, 2006) aponta que a encosta em estudo é classificada como sendo de risco 3, risco alto e a falta de intervenção no setor é de alta potencialidade para o desenvolvimento de deslizamentos e erosão. A partir de 1980, impulsionado pelos movimentos de luta pela moradia e pela empresa encarregada de gerir o patrimônio imobiliário da Fábrica da Macaxeira, inicia-se o processo de ocupação intensiva do bairro (SANTANA et al., 2019).

Desse modo, em 1981, com o intuito de proteger as áreas pertencentes ao grupo industrial das ocupações irregulares, a Imobiliária Othon aprova, junto à prefeitura, o Projeto de Loteamento da Gleba “B” do Plano de Urbanização da Propriedade Apipucos e, paralelamente, os movimentos pró-moradia iniciam a ocupação das áreas contíguas, especialmente em direção às encostas, processos que ocorreram junto com o desmonte e o com o fechamento definitivo da fábrica em 1991 (SANTOS, 2017).

O bairro da Macaxeira abrigava, em 2012, aproximadamente, 20 mil habitantes, distribuídos em área de 1,25 km² (RECIFE, 2012). A área do bairro se caracteriza como Zona de Ambiente Construído Restrita (ZAC - Restrita), por seu relevo predominantemente acidentado (RECIFE, 2008).

Em 2013, o bairro da Macaxeira apresentava ocupação urbana acentuada em 83% das áreas em declive prolongado ou muito inclinado (SANTANA, 2018).

Caracterização Geológica

O bairro da Macaxeira apresenta, ao norte, geomorfologia caracterizada por Tabuleiros Costeiros Dissecados (ALHEIROS, 1998), ao sul, ocorre a Planície Flúvio-marinha, com áreas suscetíveis a inundações provocadas pelo Rio Capibaribe (CPRM, 2013). Do ponto de vista geológico, a porção norte do bairro se caracteriza pela presença de sedimentos Miocênicos da Formação Barreiras, de deposição fluvial, formação com alto teor de feldspatos, favorecendo a argilização, em função do clima, que podem resultar em escorregamentos e processos erosivos, ao sul, encontram-se sedimentos fluviais lagunares – depósitos Quaternários – ricos em areias, siltes e argilas orgânicas (CPRM, 2013).

Aspecto Físico

A Região Metropolitana de Recife (RMR) apresenta um clima litorâneo úmido, influenciado por massas tropicais marítimas e temperaturas estáveis ao longo do ano, com amplitude térmica anual de, no máximo, 5 °C. Tal condição térmica se deve a sua localização na Zona Intertropical, ou seja, na faixa de maior incidência solar do planeta. O clima é reflexo da circulação atmosférica com influência da massa Tropical Atlântica (Ta), caracterizada como massa tropical quente e úmida. Esta sofre perturbações secundárias associadas ao deslocamento da Zona de Convergência Intertropical (ZCIT) para o sul, ocorrências de Vórtices Ciclônicos (VC), avanços da Frente Polar Atlântica (FPA), com formação de Linhas de Instabilidade (LI), caracterizadas por instabilidade (GIRÃO; CORRÊA; GUERRA, 2006).

Os índices pluviométricos concentrados entre os meses de abril a julho fazem deste período o mais crítico, no que se refere aos problemas resultantes de agravos naturais da RMR. Nos altos picos de chuva, a média mensal pode ultrapassar os 500 mm de chuva, como ocorreu no mês de abril de 2018 (ANA, 2021). Nos períodos de outubro a janeiro, embora os índices pluviométricos sejam reduzidos, há ocorrência de eventos intensos e concentrados, que, embora intermitentes, encontram solo ressecado e com incipiente cobertura vegetal natural, devido ao período seco, o que ocasiona eventuais processos erosivos e de deslizamentos.

Os Tabuleiros Costeiros são caracterizados por altitudes médias que variam entre 50 m e 100 m acima do nível do mar. Os Tabuleiros acompanham o litoral nordestino, compreendendo platôs de

origem sedimentar, ora com vales estreitos e encostas abruptas, ora abertos com encostas suaves e fundo com amplas várzeas.

No cenário hidrológico, a área estudada está localizada em regiões de interflúvio, com direção norte-nordeste, sob dois compartimentos hidrográficos. A nordeste, são encontradas cabeceiras de drenagem pertencentes à bacia hidrográfica do rio Morno, afluente do rio Beberibe, porém a maior parte da região está inserida na bacia hidrográfica do rio Capibaribe, em seu baixo curso. Atualmente, a drenagem da área é composta de alguns canais urbanos, que substituíram pequenos córregos naturais de drenagem.

METODOLOGIA

A análise temporal do avanço da urbanização na área de estudo se configurou como uma pesquisa de natureza aplicada, com objetivo descritivo e abordagem quali-qualitativa dos impactos ambientais provocados na paisagem por ações antrópicas. Para consecução dos objetivos, o procedimento de pesquisa foi estruturado conforme as seguintes etapas:

Etapas 1 –Visita e delimitação da área de estudo

De início, foi feita uma visita na área de estudo com representantes da defesa civil de Recife e da comunidade, na qual foram feitos registros fotográficos, que serviram como meios de verificação da localização de construções existentes, áreas impermeabilizadas, nível de eficiência do sistema de drenagem, ineficiência de políticas públicas para segurança da população, entre outros, visto que são fatores contribuintes para a instabilidade do solo.

A poligonal da área de estudo foi definida após a visita em campo e análise da imagem de satélite, acoplando toda a área do morro onde a encosta está localizada, totalizando uma área de, aproximadamente, 29 hectares (0,29 km²), equivalendo a, cerca de, 0,13% da área do município de Recife. Com isso, através das vetorizações da poligonal, iniciou-se a quantificação das áreas das tipologias em cada mapa coletado.

A partir de ortofotocartas e imagens de satélites, o estudo analisou, de forma espaço-temporal, o crescimento urbano e a diminuição da vegetação nos últimos 47 anos (1974 a 2021) da região de estudo.

Etapas 2 – Obtenção, seleção e tratamento das imagens

Também foram coletadas as coordenadas geográficas do local e realizada, com o uso do software Google Earth Pro Versão 7.3.2 (2021), a delimitação da área de estudo. Com isso, foi possível ajustar a localização precisa para se gerar as imagens de satélite georreferenciadas dos anos de 2014 e 2021. Já para os anos anteriores, foram solicitadas as ortofotocartas, junto à Agência Estadual de Pesquisa e Planejamento de Pernambuco (CONDEPE/FIDEM). As ortofotocartas disponibilizadas foram dos anos de 1974, 1984 e 1997. As imagens e as ortofotocartas foram georreferenciada através do software ArcGis 10.7.1. Para o ano de 2004, foi utilizada a imagem de satélite do satélite Landsat 7, sensor ETM+ (Aquisição: 26/11/2004), possuindo pixel com dimensão 4x4 metros.

Etapas 3 – Elaboração dos mapas e classificação áreas por tipo de uso e ocupação

Com a ortofotocarta e imagens de satélite da área de estudo georreferenciadas e em escala de 1:10.000, foram gerados cinco mapas vetorizados, com o auxílio do software ArcGIS 10.7.1, com o intuito de analisar, de forma quantitativa, a dinâmica de uso e ocupação do solo da área dos últimos 47 anos de forma automatizada, identificando em tipologias indicadas abaixo:

- Mancha Urbana - Área determinada pela impermeabilização do solo através de intervenção antrópica: Área construída e trânsito de pedestre.
- Cobertura Vegetal - Áreas com copas de árvores e/ou florestada, gramados e vegetações rasteiras.
- Solo Exposto - Áreas sem vegetação, podendo ser o resultado de queimadas e/ou processos erosivos.
- Sistema Viário - Área de trânsito veicular.

Utilizando o software Surfer 16, foi possível gerar outros mapas da área de estudo: modelo digital do terreno e o modelo digital de elevação, com o objetivo de compreender o porquê de a região ainda ter área de vegetação, mesmo após 47 anos de ocupação desordenada. E, para complementar a análise, com o uso do ArcGIS 10.7.1, gerou-se o mapa de declividade da área de estudo, sendo calculada a área de cada faixa da declividade, com o intuito de verificar a fragilidade potencial da encosta, a partir dos parâmetros adotados por Ross (1994), conforme apresentado na Tabela 01.

Tabela 01 – Fragilidade das faixas de declividade

FAIXAS DE DECLIVIDADE	CLASES DE FRAGILIDADE
< 6%	Muito baixo
6 - 12 %	Baixo
12 - 20 %	Médio
20 - 30 %	Alto
> 30 %	Muito alto

Fonte: Adaptado de Ross (1994)

Etapa 4 – Análise quantitativa dos dados obtidos

A partir dos polinômios gerados no processo de vetorização dos mapas, foi possível quantificar as áreas de ocupação de cada tipologia da análise temporal e, posteriormente, quantificou-se a taxa de ocupação, através da Eq.1.

$$T_{Ac}(\%) = \frac{A_c}{A_t} * 100 \quad (\text{Eq. 1})$$

Onde:

T_{Ac} (%): Percentual da área de ocupação da tipologia;

A_c : Área e ocupação da tipologia (ha);

A_t : Área total da região estudada (ha).

Com a taxa de ocupação das tipologias de cada mapa, empregou-se o cálculo da taxa de variação, através da Eq.2. Vale ressaltar que os resultados com sinal negativo (-) representam redução da área; e com sinal positivo (+) representam o aumento da área.

$$T_v(\%) = T_{Ac1}(\%) - T_{Ac2}(\%) \quad (\text{Eq. 2})$$

Onde:

T_v (%): Diferença entre as taxas de ocupação da tipologia entre anos;

T_{Ac1} (%): Taxa de ocupação da tipologia do mapa de maior ano;

T_{Ac2} (%): Taxa de ocupação da tipologia do mapa de menor ano.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Visita a Área de Estudo

Foi possível verificar diversos agravos socioambientais que podem contribuir para o aumento da instabilidade da encosta. Vale ressaltar que a maior parte dos problemas identificados alerta para a necessidade de intervenção pública na região, por meio da implantação dos serviços de saneamento básico e ações de sensibilização dos moradores.

Os fatores socioambientais encontrados, que contribuem para a instabilidade da encosta, foram diversos, como: condições físicas precárias (saneamentos básicos deficientes e construções

irregulares) (Figura 03a e b), problemas oriundos da falta de sensibilização popular para as questões ambientais (depósitos de resíduos sólidos irregulares nas valas de drenagem e próximos de vegetação) (Figura 03b e c), bem como, acerca dos tipos de vegetação mais inadequadas ao tipo de relevo (Figura 03d), em vez de bananeiras, mamoeiros e bambus, que acumulam água em suas raízes, podendo ocasionar diversos pontos propícios a deslizamentos.

Figura 03 – a) construções irregulares; b) disposição de resíduos sólidos; c) entupimento das valas de drenagem; e d) vegetação inadequada.



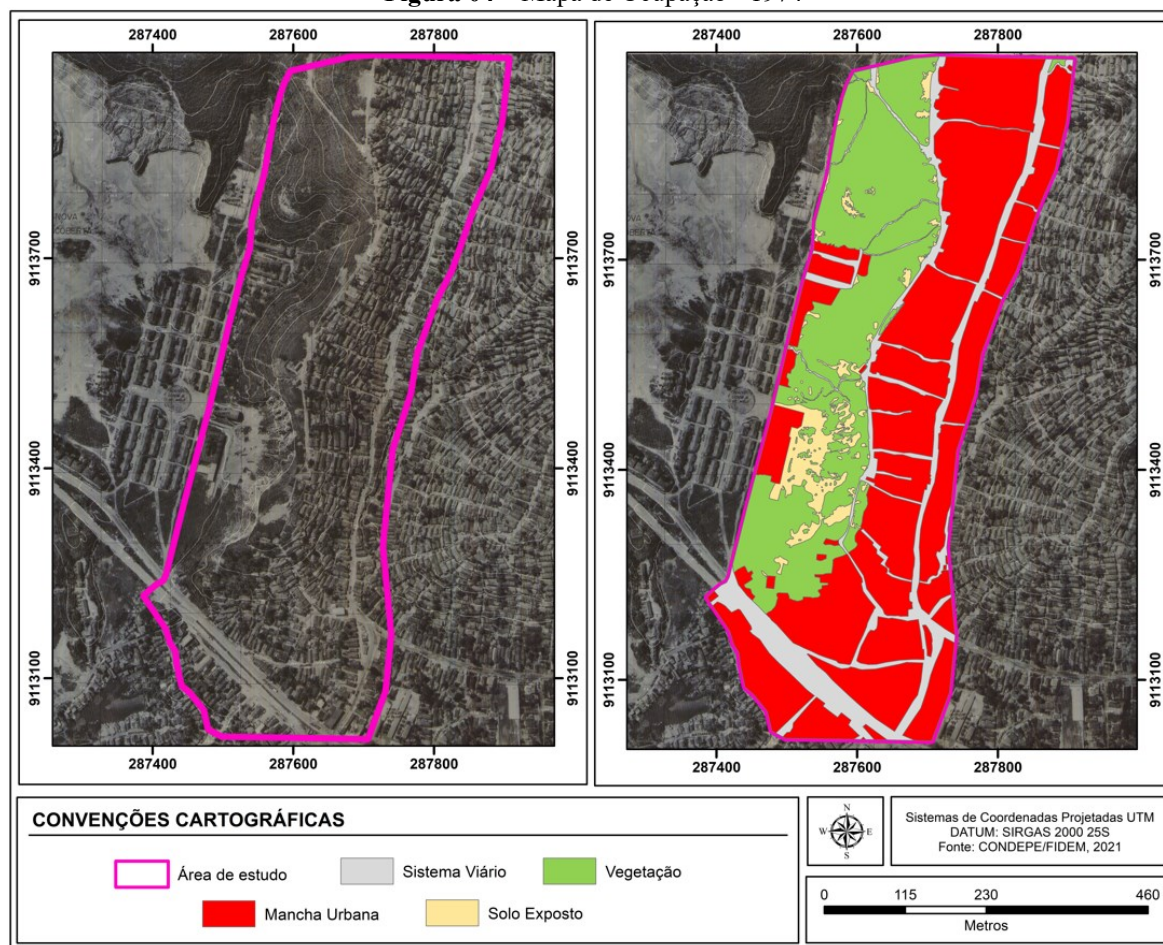
Fonte: Autores (registros em 24/09/2021)

Os fatores socioambientais percebidos na área de estudo, são apontados em pesquisas realizadas em outros pontos da cidade de Recife e Região Metropolitana (GONÇALVES; SILVA; LAFAYETTE, 2021; NASCIMENTO et al., 2020; SANTOS et al., 2021.).

Análise Temporal

Conforme a Figura 04, referente ao ano de 1974, a área de estudo, no sentido do bairro Nova Descoberta (parte de cima da encosta), apresentava predominância de área urbana, e, em direção ao bairro Macaxeira (parte de baixo da encosta), constava predominância de vegetação, mostrando que havia um crescimento urbano do leste para o oeste. Então, o sistema de drenagem para parte mais baixa da encosta acontecia de forma natural, ao contrário do lado mais alto, cujo percurso da água era pelas sarjetas.

Figura 04 – Mapa de Ocupação - 1974

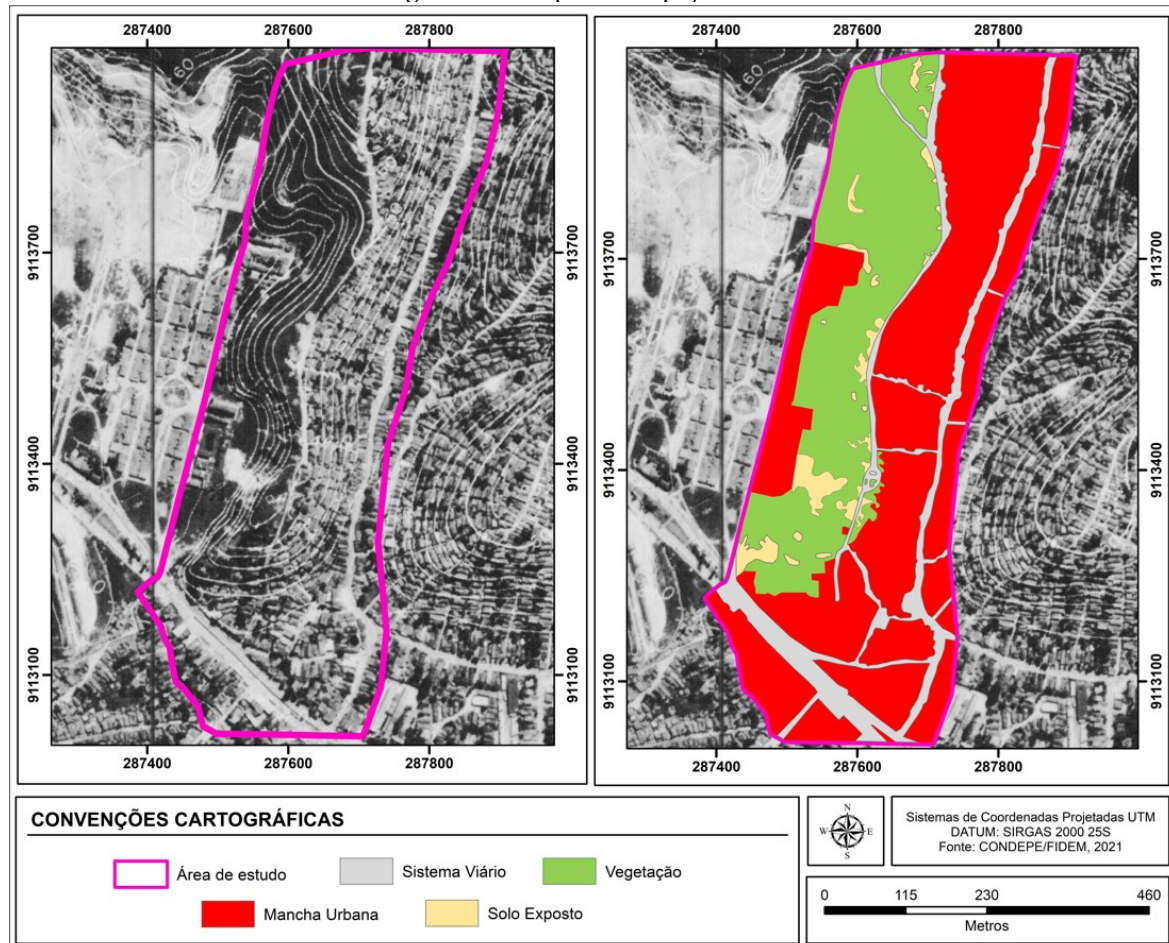


Fonte: Autores (2022)

Observa-se que, no ano de 1974, a mancha urbana ocupava a maior parte da tipologia da área de estudo, equivalendo a 53,47% (15,43 ha), nesse período, a mancha de vegetação ocupava 28,62% (8,26 ha). A região que tem mais solo exposto é uma área que apresenta uma declividade elevada, ocasionando pontos de erosão, isso mediante a falta de um sistema de drenagem eficiente e de vegetação.

Após 10 anos, no ano de 1984 (Figura 05), observa-se que houve um leve crescimento populacional na área de estudo (principalmente na região sul da encosta), diminuindo a área de vegetação, que representavam, respectivamente, cerca de 56,13% (16,20 ha) e 28,48% (8,22 ha). Vale ressaltar que, na área que antes apresentava alto grau de solo exposto, houve um crescimento de vegetação e diminuição da erosão, consequentemente, diminuindo, também, a área de solo exposto da região, 3,60% (1,04 ha). As raízes da vegetação atuam positivamente, favorecendo um travamento do solo, possibilitando um aumento de resistência e reduzindo a infiltração de água e, com isso, combatendo a erosão do solo (ROCCATI *et al.*, 2021).

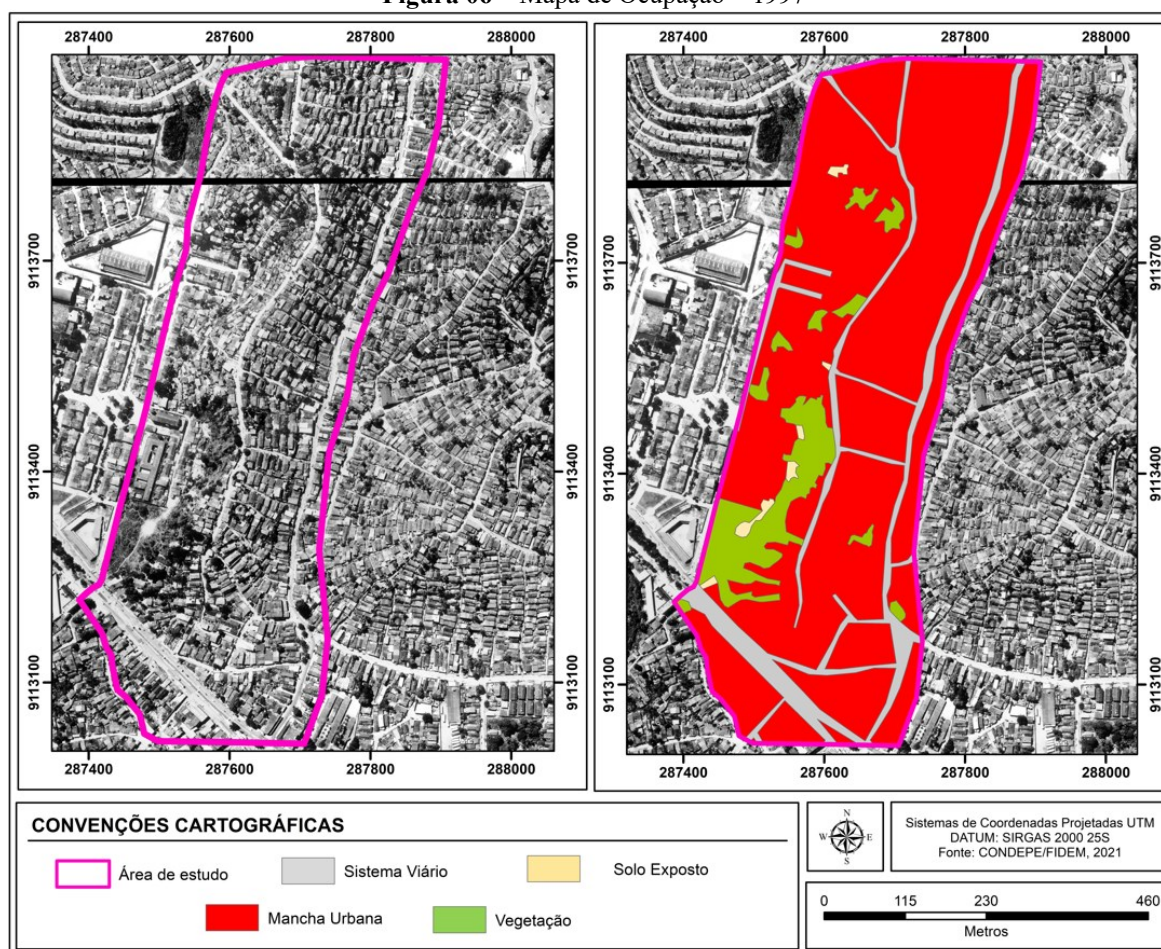
Figura 05 – Mapa de Ocupação – 1984



Fonte: Autores (2022)

Na imagem de 1997 (Figura 06), 13 anos depois, foi possível detectar um salto no crescimento urbano, agora, equivalendo a 79,35% (22,90 ha), gerando diminuição na área de vegetação, representando somente 8,70% (2,51 ha) da área de estudo, deixando o ambiente mais suscetível a deslizamentos. Percebe-se que a quantidade de solo exposto diminuiu, totalizando 0,69% (0,20 ha) da área.

Figura 06 – Mapa de Ocupação – 1997

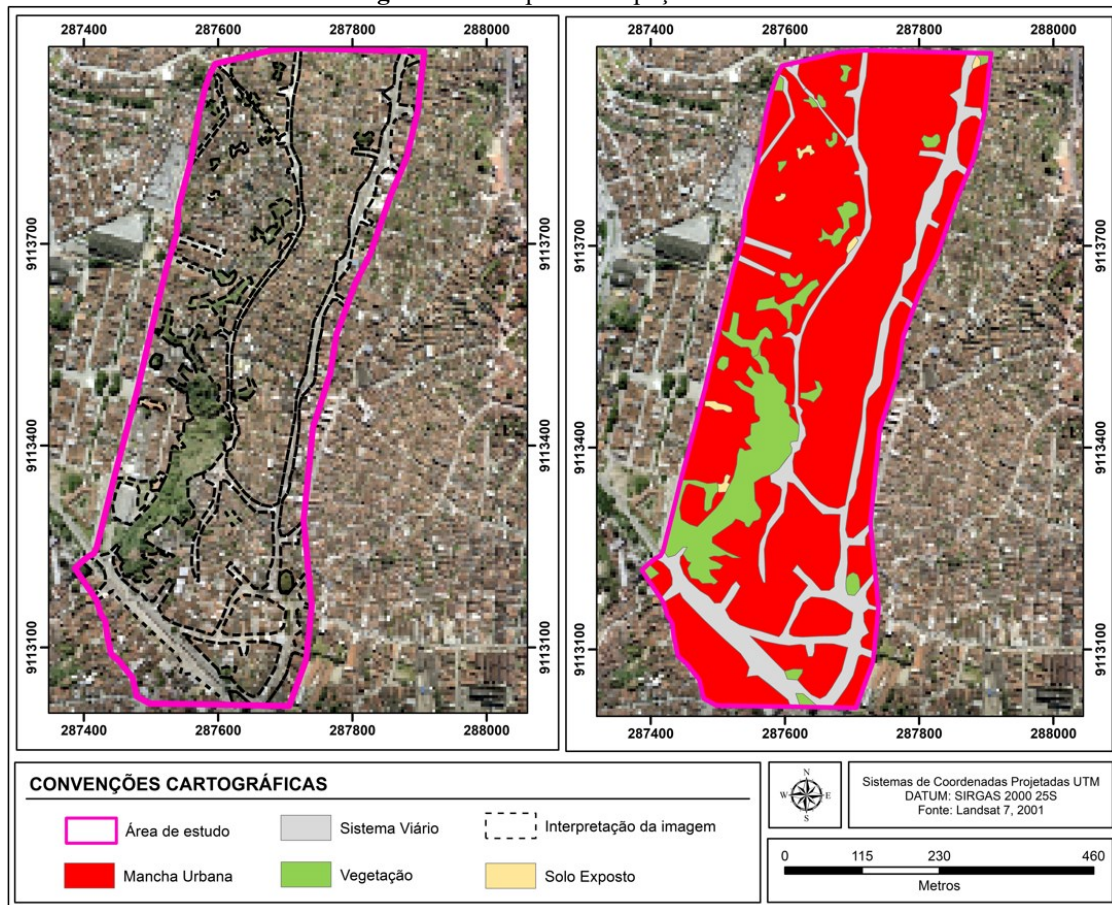


Fonte: Autores (2022)

A população do município, desde o ano de 1991 até o ano atual, obteve uma média geométrica de crescimento anual equivalente a 0,89%, saindo de uma população de 1.310.259 e atingindo a marca de 1.661.017 (PCR, 2021; IBGE, 2021). Com o crescimento urbano, a população mais pobre passou a ocupar áreas de encostas e periferias (MONTEIRO *et al.*, 2020; LEITE e GIAVAROTTI, 2020). O mesmo aconteceu na cidade de Recife, as pessoas mais vulneráveis foram ocupando as áreas de risco sujeitas a deslizamentos.

A imagem de 2004 (Figura 07) possui um pixel com dimensões de 4x4 metros, sendo um pouco inferior à resolução ideal, quando comparada com as outras imagens, ocasionando leve diferença entre resultados. Com a vetorização das tipologias, foram gerados percentuais de 74,88% (21,61 ha) de mancha urbana, com área de vegetal de 10,33% (2,98ha) e solo exposto de 0,52% (0,15 ha).

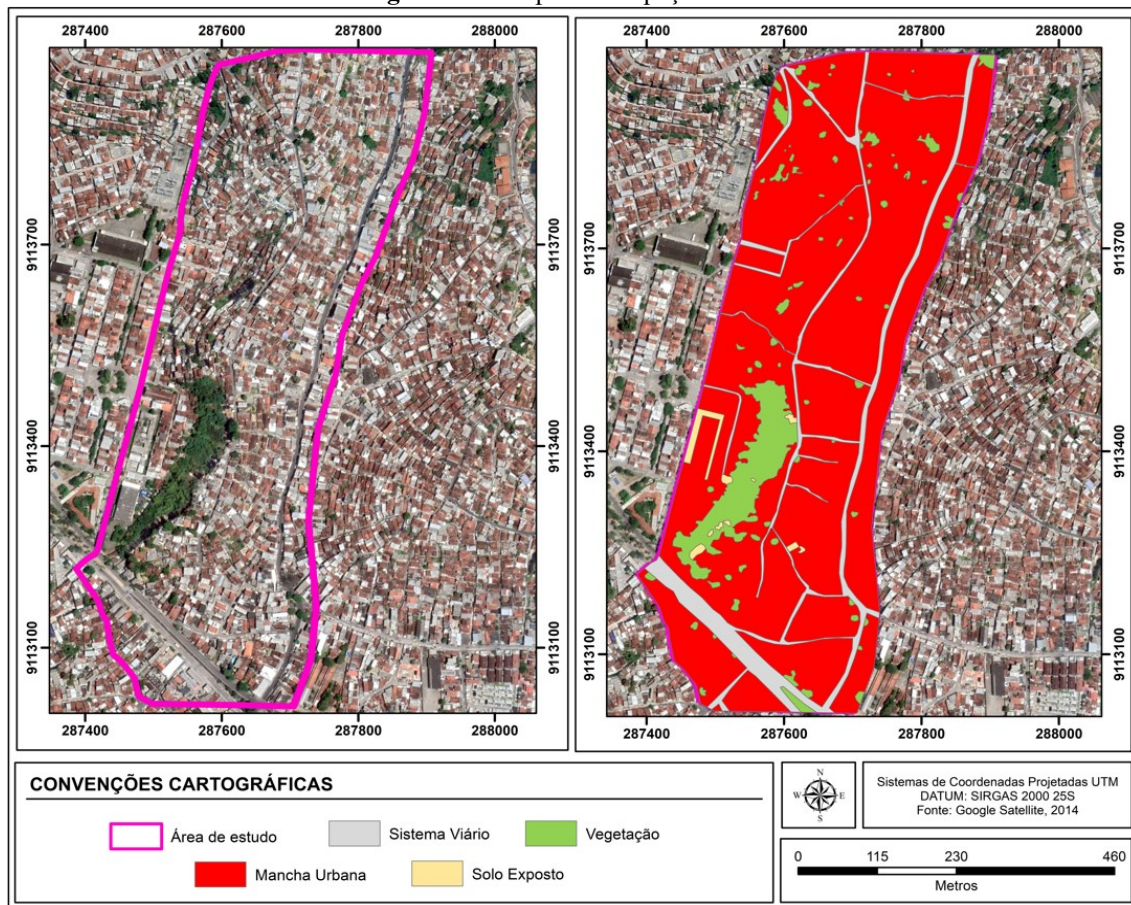
Figura 07 – Mapa de Ocupação – 2004



Fonte: Autores (2022)

Após 10 anos, observando a vetorização da área em 2014 (Figura 08), foi verificado leve crescimento da mancha urbana na região de estudo. Com percentuais de 81,50% (23,52 ha) de mancha urbana, com área de vegetal de 8,45% (2,44 ha) e solo exposto de 0,90% (0,27 ha).

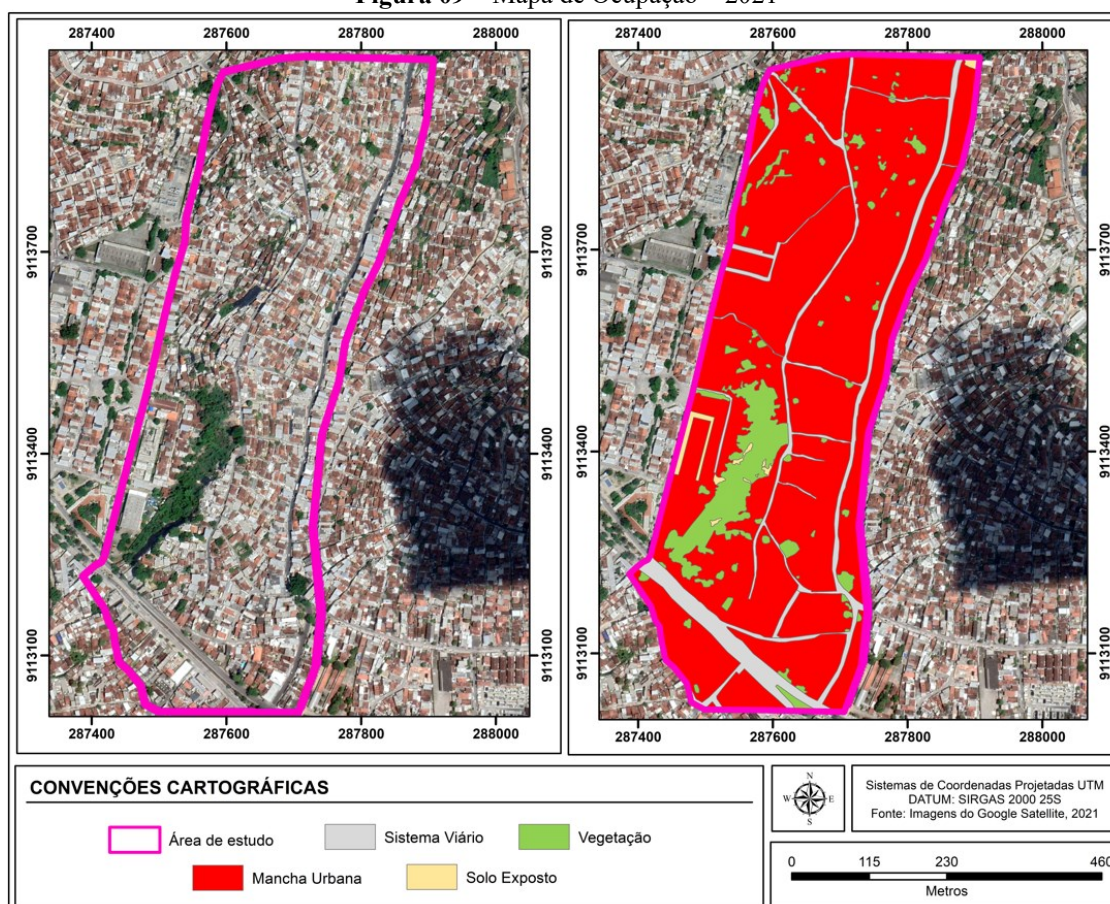
Figura 08 – Mapa de Ocupação – 2014



Fonte: Autores (2022)

Após 7 anos, em 2021 (Figura 09), a mancha urbana apresentou leve crescimento, comparando com o mapa de 2014. Detectou-se percentuais de 82,57% (23,83ha) de mancha urbana, com área de vegetal de 7,66% (2,21ha) e solo exposto de 0,87% (0,25ha).

Figura 09 – Mapa de Ocupação – 2021



Fonte: Autores (2022)

É possível observar a taxa de ocupações (%) (Tabela 02), referente à área de estudo, que equivale a, aproximadamente, 29 hectares, e a taxa de variações (%) (Tabela 03) das tipologias, de acordo com os anos e período sem estudo. Vale ressaltar que os resultados das variações positivas (+) representam um aumento, já as variações negativas (-) representam uma diminuição da área da tipologia, de acordo com a comparação entre os períodos.

Tabela 02 – Quantificação da Taxas de Ocupação da Tipologias por Ano

TIPOLOGIA	TAXA DE OCUPAÇÃO (%)					
	1974	1984	1997	2004	2014	2021
Solo Exposto	4,71	3,60	0,69	0,52	0,90	0,87
Cobertura Vegetal	28,62	28,48	8,70	10,33	8,45	7,66
Mancha Urbana	53,47	56,13	79,35	74,88	81,50	82,57
Sistema Viário	13,20	11,78	11,26	14,28	9,15	8,91

Fonte: Autores (2022)

Tabela 03 – Taxa de Variação das Tipologias por Período

TIPOLOGIA	VARIÇÕES POR PERÍODO (%)					
	1974 a 1984	1984 a 1997	1997 a 2004	2004 a 2014	2014 a 2021	1974 a 2021
Solo Exposto	(-)1,11	(-)2,91	(-)0,17	(+)0,38	(-)0,03	(-)3,85
Cobertura Vegetal	(-)0,14	(-)19,79	(+)1,63	(-)1,87	(-)0,80	(-)20,96
Mancha Urbana	(+)2,67	(+)23,22	(-)4,47	(+)6,62	(+)1,07	(+)29,11
Sistema Viário	(-)1,42	(-)0,52	(+)3,01	(-)5,13	(-)0,24	(-)4,30

Fonte: Autores (2022)

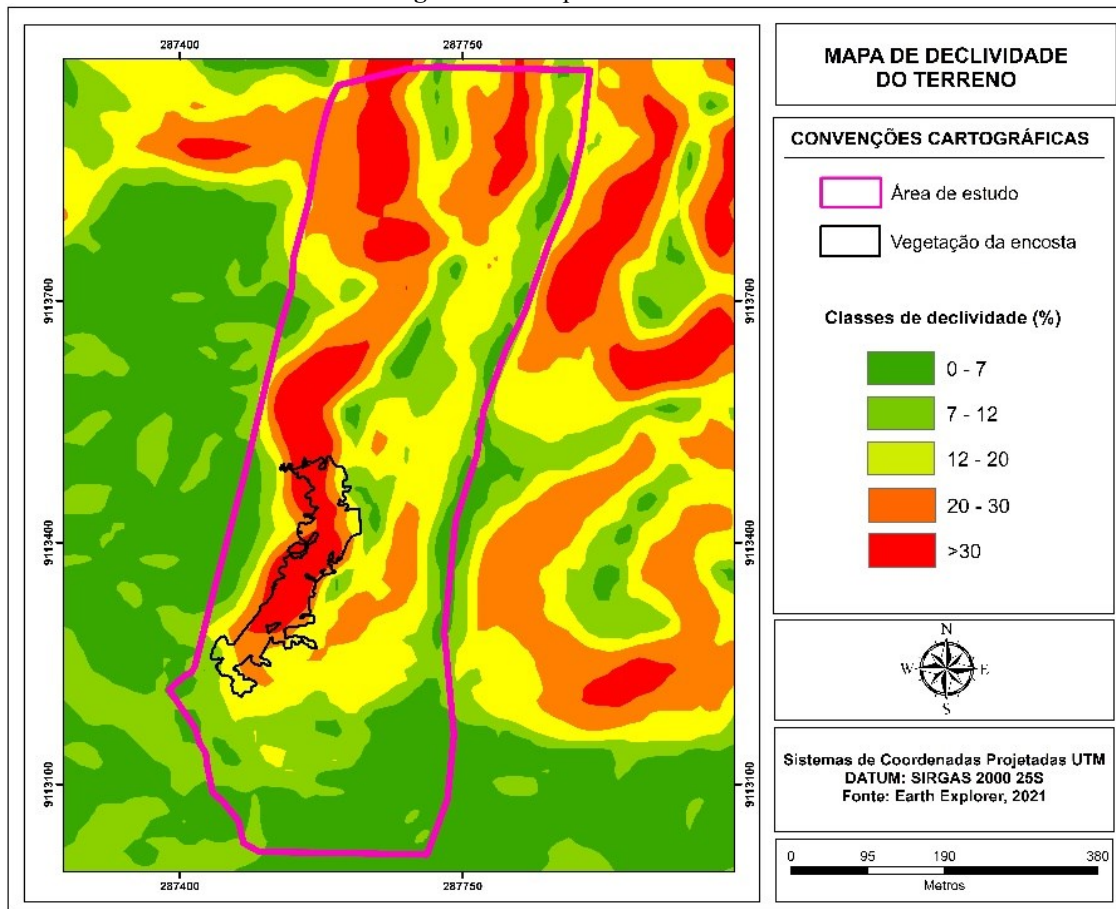
Ao longo do período estudado, percebe-se que há uma intensa supressão da cobertura vegetal. No ano de 1974, a cobertura vegetal equivalia a 28,62% (8,26 ha) da área de estudo, até chegar à marca de 7,66% (2,21 ha) no ano de 2021. Esta ocupação desordenada em encostas, diminuindo a cobertura vegetal, pode causar impactos ambientais expressivos (SANTOS; FALCÃO; LIMA, 2020). Pode-se observar, também, que houve um decrescimento do sistema viário no decorrer dos 47 anos deste estudo, atingindo uma variação de (-)4,30%.

Importante mencionar que o mapa que apresentou maior variação de crescimento urbano e supressão vegetal foi o do ano de 1997, a partir de então, houve leve crescimento na ocupação urbana e da supressão vegetal, até a estagnação no ano de 2014. Tal fenômeno parece ter sido motivado pela exaustão de áreas de expansão.

Com o mapa de declividade (Figura 10) e o modelo digital (Figura 11), detecta-se que a área remanescente, ainda com vegetação em 2021, apresenta predominância de declividade superior a 30%, conforme a quantificação apresentada na Tabela 04, inviabilizando o uso habitacional e, com isso, impedindo o avanço do crescimento desordenado.

Observa-se que, aproximadamente, 65% da área de estudo possui uma declividade maior que 12%. Seguindo os parâmetros de Ross (1994), essa área é considerada de média fragilidade potencial, sendo de risco para o surgimento de processos erosivos, ou até mesmo deslizamentos. Importante mencionar que 54% da área que restou de vegetação possui declividade maior que 30%, sendo considerada de muito alta fragilidade potencial.

Figura 10 – Mapa de Declividade



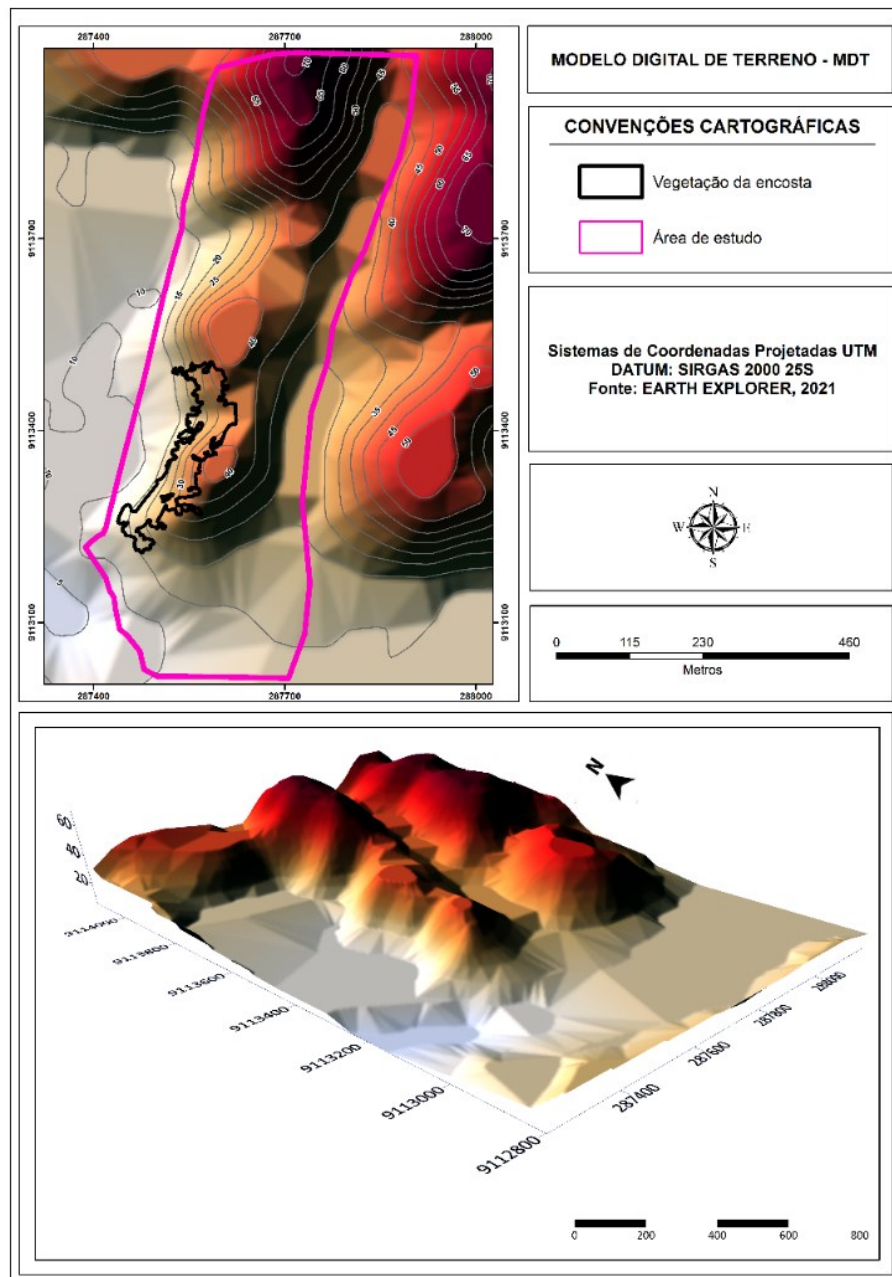
Fonte: Autores (2022)

Tabela 04 – Área das Declividades

INTERVALO (%)	ÁREA DE ESTUDO		ÁREA DE VERGETAÇÃO	
	HA	%	HA	%
0 – 7	4,82	16,71	0,00	0,00
7 – 12	5,54	19,21	0,03	2,23
12 – 20	9,18	31,82	0,27	17,25
20 – 30	5,70	19,75	0,40	25,67
> 30	3,61	12,50	0,85	54,86
Área Total	28,85	100,00	1,54	100,00

Fonte: Autores (2022)

Figura 11 – Modelo digital da área de estudo



Fonte: Autores (2022)

O mapeamento espaço-temporal, realizado com a utilização das ferramentas da geografia ambiental (SANTOS et al., 2021), possibilitou a obtenção de resultados importantes para a tomada de decisão por parte do poder público, como a indicação de intervenções estruturadoras e trabalhos técnicos sociais, realizados para propiciar uma convivência sustentável e resiliente por parte da população residente na área de estudo.

A encosta está classificada como grau de risco 3 (PMRR, 2006), entretanto, percebeu-se que o grau de risco no local aparenta ter se agravado, sendo importante sua reavaliação pelo órgão de

defesa civil da cidade. Neste contexto, o estudo sinaliza, ainda, para a necessidade do acompanhamento rigoroso do órgão municipal de controle urbano, uma vez que o crescimento da ocupação urbana e consequentes problemas ambientais e socioeconômicos observados podem levar à intensificação dos processos erosivos (MOURA-BUENO et al., 2018).

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A análise espaço-temporal da área de estudo, realizada ao longo de 47 anos, indicou taxas significativas de variação da área classificada como mancha urbana e da supressão de vegetação, variando de (+)29,11% e (-)20,96%, respectivamente. Esse avanço da ocupação urbana e a consequente diminuição da área de vegetação, efetivados pela ação antrópica, causaram sérios agravos socioambientais na região, com impacto na instabilidade da encosta, elevando o risco de possíveis deslizamentos.

A taxa de ocupação da mancha urbana passa de 56,13% em 1984 para 82,57% em 2021, o que indica que a intensificação da urbanização da área foi impulsionada pelo loteamento da gleba pertencente à Fábrica da Macaxeira, combinada com a atuação dos movimentos de luta por moradia, ocorridos a partir da década de 1980. Ao mesmo tempo, o fenômeno indica a fragilidade da atuação dos órgãos municipais de planejamento e controle urbano.

Como limitação, indicamos que o estudo utilizou uma abordagem quali-quantitativa, classificando o uso e ocupação da área por intermédio de imagens (ortofotocartas e de satélite) como suportes e recursos do software ArcGIS, implicando na necessidade de realização de estudos complementares, inclusive, experimentais, de modo a aprofundar os resultados, propiciando a indicação de diretrizes voltadas à mitigação dos agravos, com consequente rebatimento na melhoria da segurança e da qualidade de vida da população residente.

REFERÊNCIAS

- ALHEIROS, M. M. **Risco de Escorregamento na Região Metropolitana do Recife**. Tese (Doutorado), Universidade Federal da Bahia, Programa de Pós-Graduação em Geologia, 1998.
- BASILIO, T. C. C.; FUJIMOTO, J. T.; LOPES, T.; ASCIUTTI, G. A. M.; LORANDI, R.; DE LOLLO, J. A. Influência da Forma das Encostas na Suscetibilidade à Erosão na Bacia Hidrográfica do Rio Claro (Santa Rita do Passa Quatro, SP). **Revista Brasileira de Cartografia**, v. 71, n. 1, p. 233-252, 29 mar. 2019. <https://doi.org/10.14393/rbcv71n1-2172>

BISPO, C. de O.; MELO, N. A. de; TOUJAGUEZ, R. Ocupação irregular de encostas urbanas no município de Maceió-AL. **Revista OKARA: Geografia em debate**, vol. 13, no. 1, p. 216–229, 2019. DOI: 10.22478/ufpb.1982-3878.2019v13n1.39080.

BULTI, D.T., ABEBE, B.G. Analyzing the impacts of urbanization on runoff characteristics in Adama city, Ethiopia. **SN Appl. Sci.** 2, 1151, 2020. <https://doi.org/10.1007/s42452-020-2961-3>

CASSIANO, K. da S.; LOPES, J. L. de S. (2021). Encostas urbanas e suas vulnerabilidades na cidade de Branquinha, Alagoas, Brasil. **Diversitas Journal**, 6(1), 248–275. <https://doi.org/10.17648/diversitas-journal-v6i1-1406>

COUTO, R., GARCIA, K.J., SILVA, M.L. Conflitos de uso e ocupação do solo nas áreas de preservação permanente do Município de Inconfidentes – MG. **Revista Brasileira de Geografia Física**, 11(07), 2018.

FRANCH-PARDO, I., NAPOLETANO, B., BOCCO, G., BARRASA, S.; CANCER-POMAR, L.. The Role of Geographical Landscape Studies for Sustainable Territorial Planning. **Sustainability**, 9(11), 2123, 2017. <https://doi.org/10.3390/su9112123>

CONDEPE/FIDEM. (s.d.). Os Morros da Região Metropolitana do Recife.

GOMES-RIBEIRO, M.; de QUEIROZ-RIBEIRO, L. Segregación socioespacial y desigualdades de ingreso de la clase popular en la región metropolitana de Río de Janeiro, Brasil. **Revista EURE - Revista de Estudios Urbano Regionales**, 47(142). 2020. <https://doi.org/10.7764/EURE.47.142.02>

GONÇALVES, L. M.S.; SILVA, L. C. L.; LAFAYETTE, K. P. V. Avaliação dos riscos de deslizamento no bairro de Sapucaia no município de Olinda, Pernambuco, Brasil. **Gaia Scientia**, [S.l.], v. 15, n. 1, 2021. <https://doi.org/10.22478/ufpb.1981-1268.2021v15n1.57079>.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia Estatística, 2021. Disponível em: <<https://cidades.ibge.gov.br/brasil/pe/recife/panorama>>. Acessado em: 27 de setembro de 2021.

LEITE, A. C. G.; GIAVAROTTI, D. M. Padrão territorial e crise do trabalho: o confinamento como forma de territorialização das relações sociais capitalistas contemporâneas. **Cuadernos de Geografía: Revista Colombiana de Geografía** 29 (1): 32-50. 2020. <https://doi.org/10.15446/rcdg.v29n1.76443>

LIU, Q; MA, Y. Study on the Impact of New Urbanization on Land Intensive Use: A Case Study of Shaanxi Province. **IOP Conf. Ser.: Mater. Sci. Eng**, Volume 768, Information Technology, 2020. <https://doi.org/10.1088/1757-899X/768/5/052004>.

MONTEIRO, E. Z.; PINA, S. A. M. G.; FREIRE, R. A.; TURCZYN, D. T.. The study of urban morphology in Campinas Metropolitan Region, Brazil. **Revista Brasileira de Gestão Urbana**, vol. 12, p. 1–14, 2020. <https://doi.org/10.1590/2175-3369.012.E20190260>.

MOURA-BUENO, Jean Michel et al. Erosão em áreas de encosta com solos frágeis e sua relação com a cobertura do solo. **Scientia Agraria**, [S.l.], v. 19, n. 1, p. 102-112, abr. 2018. ISSN 1983-2443. <http://dx.doi.org/10.5380/rsa.v19i1.53738>.

NASCIMENTO, L. A.; SILVA, T. A.; LAFAYETTE, K. P. V.; SANTOS, M. J. P.; CAAVALCANTI, A. R. Urbanização desordenada e degradação ambiental associados a escorregamentos: Uma abordagem metodológica para análise temporal de ocupações subnormais. **CIÊNCIA E NATURA**, v. 42, p. e81, 2020. <https://doi.org/10.5902/2179460X41198>

OLIVEIRA, ROBERTO GUSMÃO, Sistema de informações para Gestão Territorial da Região Metropolitana do Recife – Projeto SINGRE; Levantamento Gravimétrico da Área Sedimentar da Região Metropolitana do Recife: CPRM/FIDEM, Série Cartográfica Temática, V. 2, 1994

PEREIRA, P. B., NUNES, H. K. B., ARAÚJO, F. A. S. Análise multitemporal de uso, ocupação e cobertura da terra na zona Leste da cidade de Caxias/Maranhão/Brasil. **Revista Brasileira de Geografia Física**, Recife, v. 14, n. 3, 2021. <https://periodicos.ufpe.br/revistas/rbgfe>

POLOVINA, S.; RADIC, B.; RISTIC, R.; KOVACEVIC, J.; MILCANOVIC, V.; ZIVANOVIC, N. Soil Erosion Assessment and Prediction in Urban Landscapes: A New G2 Model Approach. **Appl. Sci.** 2021, 11, 4154. <https://doi.org/10.3390/app11094154>

PMRR - Plano Municipal de Redução de Riscos em Assentamentos Precários do Município de Recife-PE, 2006. Prefeitura da cidade do Recife. Disponível em: <<http://www2.recife.pe.gov.br/pagina/caracterizacao-do-territorio>>. Acessado em: 27 de setembro de 2021.

PMRR - Prefeitura da cidade do Recife. Disponível em: <<http://www2.recife.pe.gov.br/pagina/informacoes-socioeconomicas>>. Acessado em: 18 de outubro de 2021.

RECIFE. Lei Complementar nº 2 de 23 de abril de 2021. Institui o Plano Diretor do Município do Recife, revogando a Lei Municipal nº 17.511, de 29 de dezembro de 2008. Disponível em: <<https://leismunicipais.com.br/plano-diretor-recife-pe>>. Acesso em: 27set. 2021.

ROCCATI, A.; PALIAGA, G.; LUINO, F. FACCINI, F.; TURCONI, L. GIS-Based Landslide Susceptibility Mapping for Land Use Planning and Risk Assessment. **Land**, [s. l.], v. 10, n. 162, 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.3390/land10020162>

ROSS JLS. Análise empírica da fragilidade dos ambientes naturais e antropizados. **Revista do Departamento de Geografia**.1994; (8) p.3-74.

SANTANA, J. K. R. de; SILVA, D. R. D.; SANTOS, E. M. dos; SANTOS, G. F. S. dos; LISTO, F. de L. R. Análise da evolução das áreas de perigo a escorregamentos no bairro da Macaxeira, Recife (PE). **Revista Equador**, vol. 8, no. 2, p. 240–256, 2019.

SANTOS, E. O.; FALCÃO, N. A. M.; LIMA, J. V. A. Deslizamento de encostas urbanas: consequências e implicações sociais, ambientais e políticas, em Viçosa/AL, Brasil. **Diversitas Journal**, Volume 5, Número 3 (jul./set. 2020) pp: 1859-1886. 2020. <https://doi.org/10.17648/diversitas-journal-v5i3-1176>

SANTOS, M. J. P. ; LAFAYETTE, K. P. V.; SILVA, T. A.; PORTELA, M. F. A.; BEZERRA, J. S.; FERREIRA, S. R. M.; CAVALCANTI NETO, M. M. Landscape Transformation: Temporal Evolution of the Erosion Process on a Hillside on the Island of Itamaracá / Brazil. **American Scientific Research**

Journal for Engineering, Technology, and Sciences, v. 77, p. 63-75, 2021.
https://asrjetsjournal.org/index.php/American_Scientific_Journal/article/view/6671

SILVA, L. M., SILVA, B. Q., SCHULER, C. A. B. Utilização de Cartas Imagem para caracterização do zoneamento urbano. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v. 11, n. 04, p. 1401-1415, 2018. <https://doi.10.26848/rbgf.v11.4.p1401-1415>

SONG, J; ZHOU, Y; JIN, L; SUN, Y. Evaluating Sustainability of Urbanization from a Multidimensional Perspective: A Case Study of 11 National Urban Agglomerations in China. **Journal of Urban Planning and Development**, vol. 147, issue 4, 2021.
[https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)UP.1943-5444.0000769](https://doi.org/10.1061/(ASCE)UP.1943-5444.0000769)