



Uso de Técnicas de Geoprocessamento na Análise de Áreas de Risco no Bairro América, Aracaju/SE

José Batista SIQUEIRA¹; Daniel Melo de França SANTOS²

Resumo: Com o crescente número de acidentes envolvendo movimentos de massa no país, tem sido realizado o mapeamento dessas áreas e feita a análise de risco afim de que se minimize ou evite perdas econômicas e humanas. A ocupação irregular das encostas é um dos fatores que têm contribuído para potencializar o desenvolvimento de situações de risco. Com o objetivo de analisar e hierarquizar o grau de risco de movimento de massa das encostas do município de Aracaju/SE foi executado o mapeamento e a análise de risco do Bairro América. O contexto geológico da região é representado por formações Cenozóicas do Grupo Barreiras e os terraços aluvionares do quaternário. Durante este trabalho foi possível perceber que o bairro possui gestão inadequada de uso e ocupação do solo, com lançamento de resíduos sólidos em locais inapropriados e alteração do equilíbrio geomorfológico das encostas. A ocorrência de chuvas intensas e prolongadas nas vertentes desprovidas de proteção e a instalação crescente de novas moradias potencializam os processos erosivos, deflagrando o movimento de massa. Estudos dessa natureza permitem estabelecer quais áreas são propícias para ocupação urbana, organizando o espaço para diversos fins, tais como bairros residenciais, estradas e outros usos, sendo um importante instrumento para o planejamento e gestão. Com este trabalho verificou-se que a ocupação das zonas de encostas do Bairro América potencializou o desenvolvimento de condições que provocam situações de risco a população local. Os impactos ambientais agravaram-se nos últimos anos com o aumento progressivo da população, as novas construções e desmatamentos. A ocorrência de chuvas prolongadas e intensas no inverno favorece o escoamento superficial, que pode carrear grande quantidade de material sedimentar, desestabilizando as encostas ou até deslizando sobre as moradias. Portanto as encostas do Bairro América precisam de monitoramento e fiscalização, para evitar o agravamento da situação atual, além de obras de contenção ou até mesmo a realocação de famílias.

Palavras-chave: Geoprocessamento; Análise de risco; Processos erosivos.

Abstract: *With the increasing number of accidents involving mass movements in the country, has been carried out to map these areas and made risk analysis in order to minimize or avoid that economic and human losses. The illegal occupation of the slopes is*

1 Centro de Ciências Exatas e Tecnologia - Universidade Federal de Sergipe

2 Universidade Federal de Sergipe

Autor para correspondência: José Batista Siqueira

Universidade Federal de Sergipe – UFS - Av. Marechal Rondon s/n – 49100 000 - São Cristóvão - SE, Brasil. Email: oju296@gmail.com

Recebido em 30 de Dezembro de 2014 / Aceito em 20 de Maio de 2015

Revista de Geologia 28 (1), 2015.

one of the factors that have contributed to enhance the development of risk situations. In order to analyze and categorize the degree of mass movement of risk from the slopes of the city of Aracaju / SE was performed mapping and risk analysis of Bairro América. The geological context of the region is represented by Cenozoic formations of the Barreiras Group and the alluvial terraces of the Quaternary. During this work it was revealed that the neighborhood has inadequate management of land use and occupation, with release of solid waste in inappropriate places and geomorphological change of the slopes stability, which show deficiency in urban planning. The occurrence of intense and prolonged rains in the areas devoid of protection and the increasing use of new housing are enhancing the erosive processes, triggering the mass movement. Such studies allow us to establish which areas are conducive to urban occupation, organizing the space for various purposes, such as residential areas, roads and other uses, being an important tool for planning and management. This study found that the occupation of the slopes zones enhanced the development of conditions that cause hazardous conditions the local population. The environmental impacts have worsened in recent years with the progressive increase of the population, new construction and deforestation. The occurrence of prolonged and heavy rainfall in winter favors the runoff, which may redirect lot of sedimentary material, destabilizing the slopes or even slipping on the villas. Therefore the slopes of Bairro America need monitoring and enforcement to prevent the worsening of the current situation, and containment works or even the relocation of families.

Keywords: Geoprocessing; Risk analysis; Erosion Processes.

1. INTRODUÇÃO

Nos últimos anos a popularização dos softwares de Geoprocessamento, os quais consistem na ferramenta que se utiliza de técnicas computacionais e matemáticas para a representação de um atributo em um determinado espaço no computador, têm contribuído para seu uso e aplicação em diversas áreas de estudos. Nesta pesquisa, os dados da imagem *Shuttle Radar Topography Mission* - SRTM disponibilizados pela Empresa Brasileira de Agropecuária - EMBRAPA, deram suporte aos estudos realizados.

As áreas de risco têm sido motivo de preocupação nas últimas décadas, principalmente nos centros urbanos dos países denominados em desenvolvimento, onde se agravam pela urbanização intensa sem planejamento, que permite a construção de residências em encostas com gradientes de

inclinação superiores a 20% e carentes de infraestrutura básica.

O desencadeamento de escorregamentos em áreas urbanas constitui riscos que provocam consequências graves tais como, bloqueio de vias de circulação, o soterramento de bens e perdas humanas; além de provocar danos ambientais, perda de produtividade, alteração na paisagem urbana e nas atividades comerciais.

A cidade de Aracaju foi fundada as margens do estuário do Rio Sergipe, e a partir do seu crescimento urbano acelerado iniciou-se a ocupar os Tabuleiros Pré-Litorâneos, correspondente geomorfológico do Grupo Barreiras, formando diversos bairros, entre eles o Bairro América (Figura 1), que está ocupado atualmente por população de poder aquisitivo baixo.

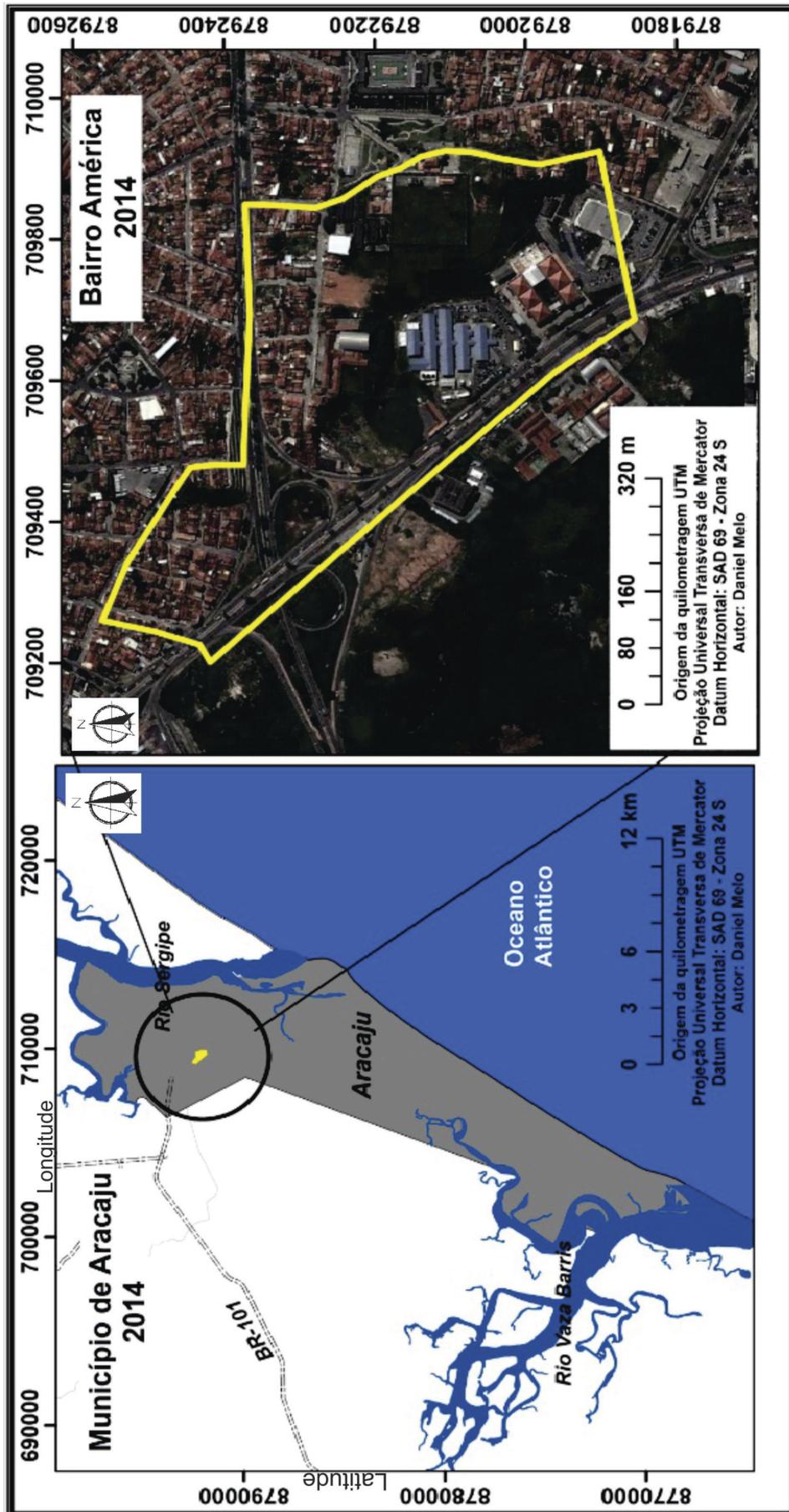


Figura 1 - Mapa de localização do Bairro América (em amarelo).

Devido à pequena área na cidade (181,1km²) e a escassez desta devido à privatização das áreas desocupadas, como consequência, a alta valorização dos terrenos, torna cada vez maior o número de habitantes de baixa renda que têm suas moradias instaladas em áreas de risco. Em alguns casos considerados invasões, a exemplo de encostas com altas declividades, como no Morro da Penitenciária e nas proximidades do viaduto no trecho final da Avenida Desembargador Maynard. Este fato também se repete em outras zonas periféricas da capital sergipana.

Aspectos naturais combinados ao mau uso e ocupação do solo aceleram a degradação ambiental, motivando desastres urbanos. As chuvas intensas e continuadas em vertentes íngremes, desprovidas de vegetação, promovem a desestabilização da encosta. Principalmente quando há instalação de moradias podem acelerar os processos como movimento de massa.

O planejamento das cidades torna-se um instrumento básico para prevenção ou mitigação do processo de degradação ambiental, e possibilita o desenvolvimento visando assim reduzir seus efeitos negativos através da ocupação adequada do espaço e uso do solo.

2. METODOLOGIA DE TRABALHO

Para alcançar o objetivo do trabalho que é analisar o risco do uso e ocupação do solo no Bairro América, foi feito o levantamento e revisão do material bibliográfico e cartográfico. Os materiais bibliográficos usados referem-se à leitura de temas relacionados à geologia e geomorfologia urbana, com enfoque no mapeamento em área de risco de movimento de massa.

Os materiais cartográficos constituem cartas de curva de nível com

intervalo de 1 metro e mapa geológico. Além disso, foram utilizados produtos de sensoriamento remoto, tais como imagens de satélite e fotografias aéreas do município de Aracaju dos anos de 1984 e 2014. Foram utilizados os softwares *Global Mapper 15.0*, *Surfer 9* e *ARCGIS* para a confecção dos mapas, modelos 3D do terreno e perfis topográficos. E imagens obtidas junto ao *Google Earth* para análise temporal da ocupação do solo.

2.1. Geologia da área

O contexto geológico do município de Aracaju está representado pelas formações Cenozóicas, que são constituídas pelo Grupo Barreiras com idade atribuída ao Neógeno e os terraços flúvio-marinhos.

O Grupo Barreiras é composto por uma seqüência de sedimentos siliciclásticos, de origem fluvial e marinha (ARAI, 2006), pouco ou não consolidados, mal selecionados, de cores variegadas (PEREIRA, 2001). A textura varia de areias finas a grossas, predominando grãos angulosos, argilas cinza-avermelhadas, com matriz caulínica.

As coberturas Pleistocênicas representam os depósitos arenosos e argilosos costeiros, do quaternário. As coberturas Holocênicas formam depósitos costeiros, quaternários e diferenciados em depósitos fúlvio-lagunares, terraços marinhos, depósitos eólicos litorâneos e depósitos de pântanos e mangues.

3. RESULTADOS

3.1 Uso e ocupação do solo

O uso e a ocupação do solo no Bairro América é predominantemente urbano, e a densidade ocupacional aumentou nos últimos 30 anos, com a

presença de residências e comércios. As construções são majoritariamente de baixo padrão e irregulares, e proporcionam alterações na morfologia original da área, caracterizando regiões onde os desastres costumam ser potencializados pela pressão demográfica sobre as encostas (MITCHELL, 1995).

Segundo PELOGGIA (1998), a busca da apropriação máxima dos precários espaços disponíveis pelas populações (lotes, espaços em favela) leva à modificação da geometria das encostas, através de técnicas precárias. Para um melhor entendimento de como ocorreu à evolução da ocupação do solono bairro foi feita uma comparação através de fotografias aéreas de 1984

(Figura 2), com imagem de satélite de 2014 (Figura 3).

Com isso foi possível verificar, houve um crescimento urbano desordenado no entorno das encostas, com uma diminuição das áreas verdes estimada em 56.793 m² nos últimos 30 anos.

3.2. Caracterização das áreas de risco

A partir das curvas de nível, foi feito um modelo tridimensional da área (Figura 4), e assim identificar as maiores altitudes do terreno, além de modificações do relevo através da ação antrópica durante a ocupação do Bairro América.

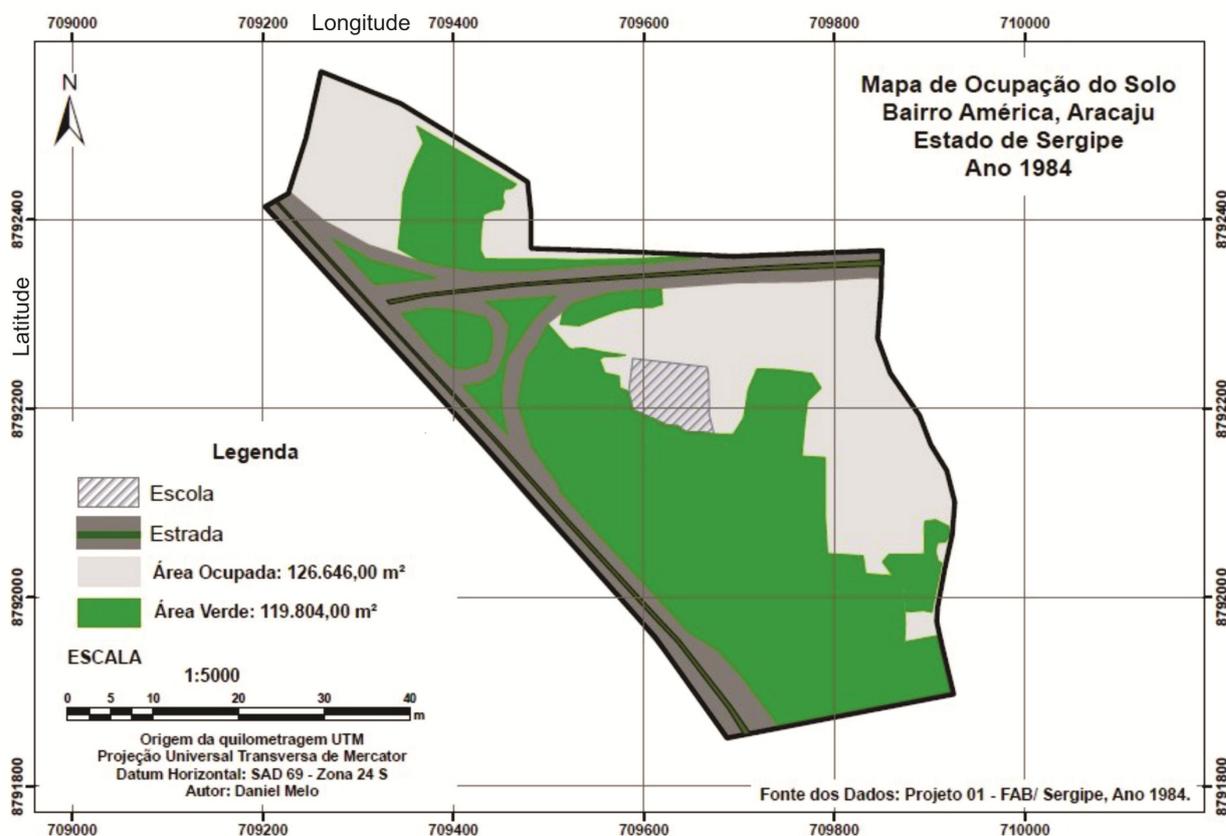


Figura 2 - Mapa de ocupação do solo 1984 obtido de fotografias aéreas.

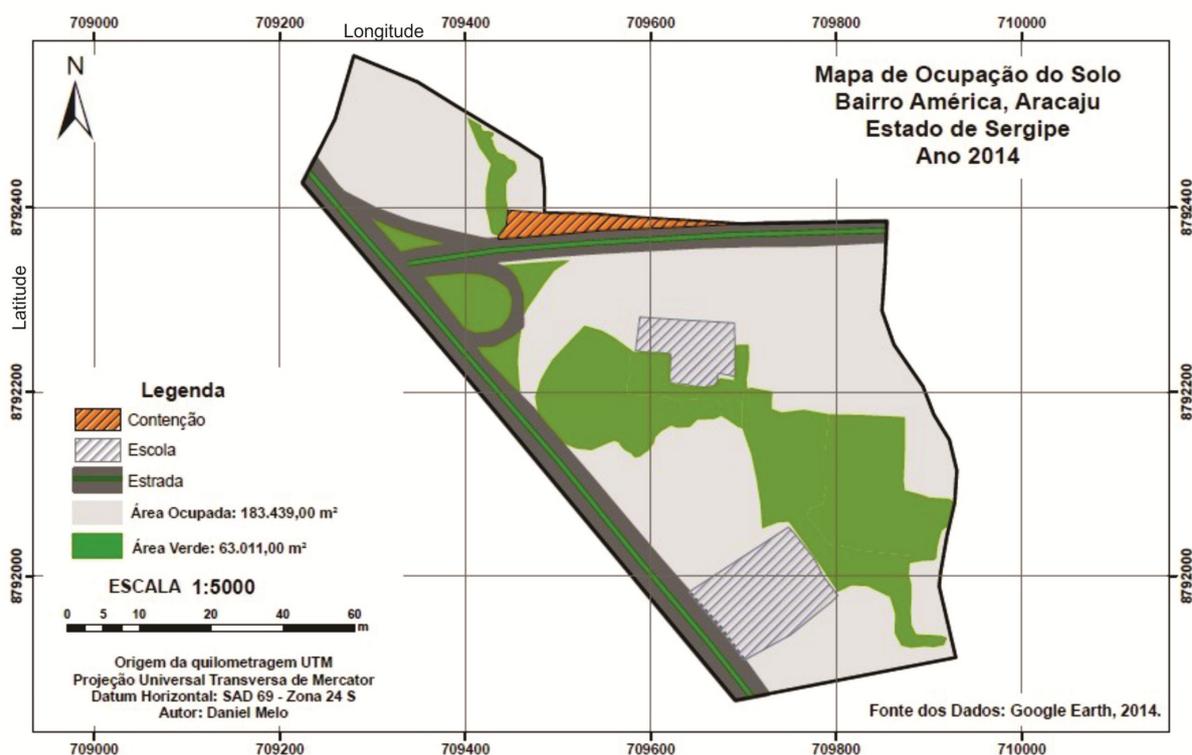


Figura 3 - Mapa de ocupação do solo 2014 obtido de imagens Google Earth.

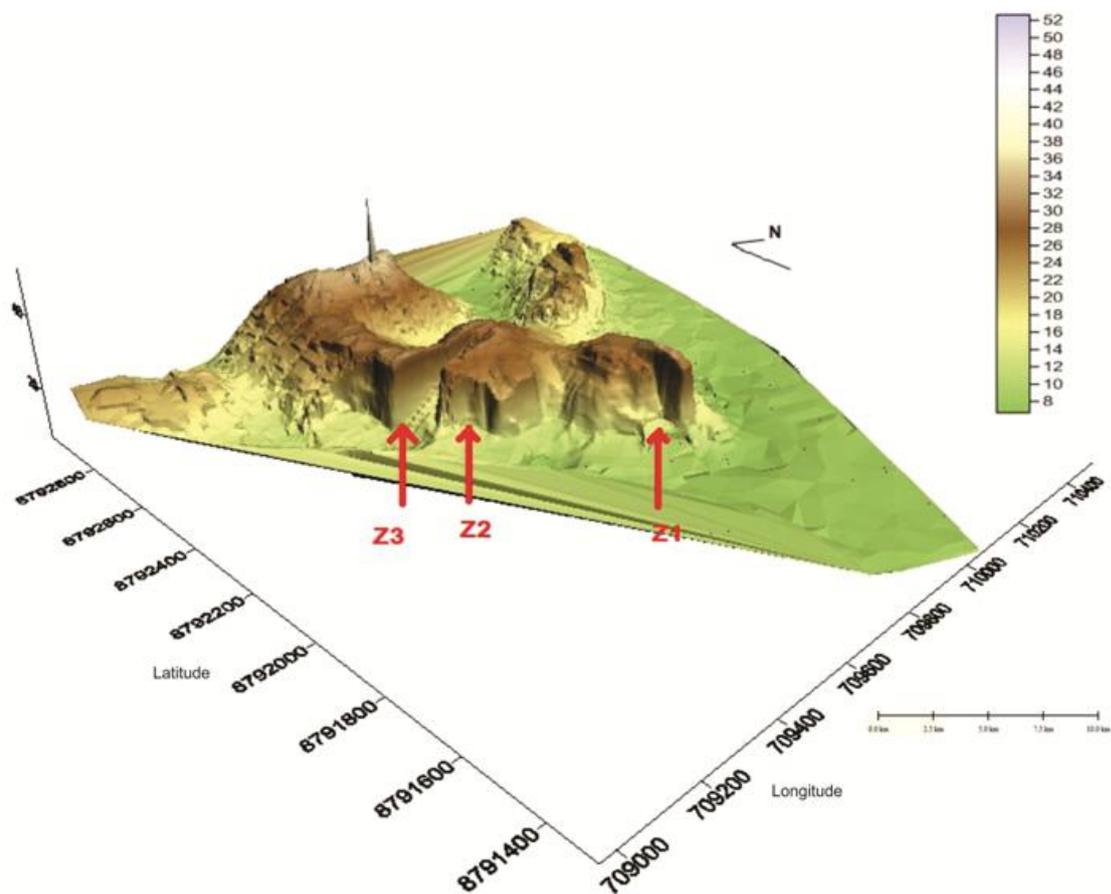


Figura 4 - Modelo 3D do Bairro América.

Com o intuito de melhor visualizar as áreas de risco de movimento de massa, foram individualizadas três zonas, denominadas Zona 1, Zona 2 e Zona 3. Para aferir o grau de risco de

movimento de massa adotou-se o quadro de graus de probabilidade de ocorrência de processos associados a movimento de massa, conforme a Tabela 1.

Tabela 1 - Graus de probabilidade de ocorrência de processos associados a movimentos de massa (Fonte: MIRANDOLA, 2008).

Grau de probabilidade	Classificação	Descrição
R1	Baixo	Os condicionantes geológicos (tipo de terreno, declividade, etc) predisponentes e o nível de intervenção na área são de baixa potencialidade para o desenvolvimento de processos de escorregamentos. Não há indícios de desenvolvimento de processos de instabilização de encostas, a condição é menos crítica.
R2	Médio	Os condicionantes geológicos (tipo de terreno, declividade, etc) predisponentes e o nível de intervenção na área são de média potencialidade para o desenvolvimento de processos de escorregamentos. Observa-se a presença de algumas evidências de instabilidade, porém incipientes.
R3	Alto	Os condicionantes geológicos (tipo de terreno, declividade, etc) predisponentes e o nível de intervenção na área são de alta potencialidade para o desenvolvimento de processos de escorregamentos. Observa-se a presença de algumas evidências de instabilidade. Mantidas as condições existentes, é possível a ocorrência de eventos destrutivos durante episódios de chuvas intensas e concentradas.
R4	Muito alto	Os condicionantes geológicos (tipo de terreno, declividade, etc) predisponentes e o nível de intervenção na área são de muito alta potencialidade para o desenvolvimento de processos de escorregamentos. Observa-se a presença de evidências de instabilidade expressivas e em grande número. Mantidas as condições existentes, é muito provável a ocorrência de eventos destrutivos durante episódios de chuvas intensas e concentradas.

ZONA 1

- Localização: Rua José Zuckermam (Figuras 1 e 4)
- Quantidade de imóveis em risco: 18
- Quantidade de pessoas em risco: aproximadamente 70

Setor constituído por encosta de 27 metros de altura, ângulo de declividade da ordem de 45°, construções inadequadas de casas no topo e base do talude (Figuras 5 e 6). Evidência de processos erosivos significativos, que localmente se traduzem por voçorocas (Figura 6). Com árvores inclinadas e raízes expostas (Figura 7), além de

residências ocupando os caminhos preferenciais de drenagem. Ainda foram observadas bananeiras cultivadas no talude dessa zona, que devido suas raízes pouco profundas acabam retendo uma quantidade significativa de água, sendo comumente responsável pelo arrastamento de solo durante os deslizamentos que ocorrem em períodos chuvosos.

Há atuação da erosão linear em toda encosta, que é potencializada pelo despejo de águas servidas. Além desse fato, toda a área tem diferenciação de patamar com duas unidades litológicas.

A Formação Barreiras e os depósitos quaternários, o que pode ocasionar deslizamentos planares pontuais e atingir residências por material proveniente de

deslizamentos. Portanto baseado em MIRANDOLA (2008), pode-se classificar essa zona como de alto risco e grau de probabilidade de risco.

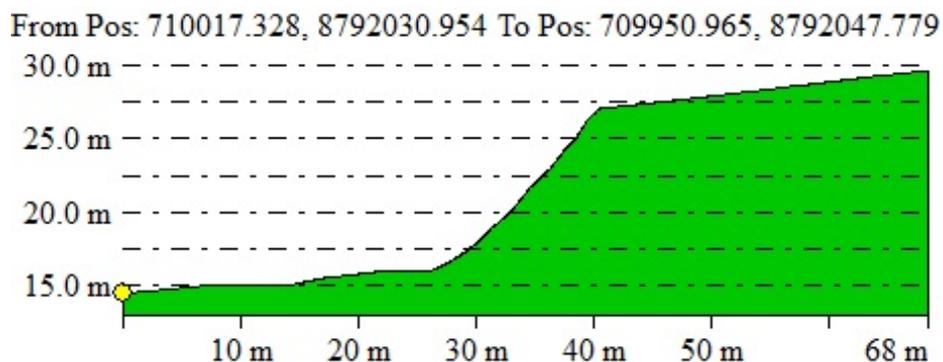


Figura 5 - Perfil topográfico Zona 1.



Figura 6 - Processo erosivo e construções no topo e base da encosta.



Figura 7 - Residência construída no topo do talude em destaque raízes expostas.

ZONA 2

- Localização: Avenidas Presidente Tancredo Neves e Desembargador Maynard (Figuras 1 e 4).
- Quantidade de imóveis em risco: 19
- Quantidade de pessoas em risco: aproximadamente 80

Encosta convexa, com altura de 25 metros, declividade variada ($45^\circ - 60^\circ$), apresenta cortes, ora suaves, ora subverticais. Topo do talude com presença de edificações (Figura 8), exposição do talude a processos erosivos planares. A deficiência de escoamento de água pluvial, o despejo de água servida direto na encosta (Figura 9), tende a

induzir a ocorrência de deslizamentos pontuais, principalmente nos pontos de maior declividade, agravando os processos erosivos.

Na parte que se localiza as margens da Avenida Desembargador Maynard, as encostas têm 28m de altura, declividade quase vertical, devido a cortes no talude para construção de edificações, além de habitações tanto no topo como na base das encostas (Figuras 10 e 11A, B).

Em caso de ocorrência de qualquer movimento de massa, as habitações da base bem como as do topo sofrerão danos.

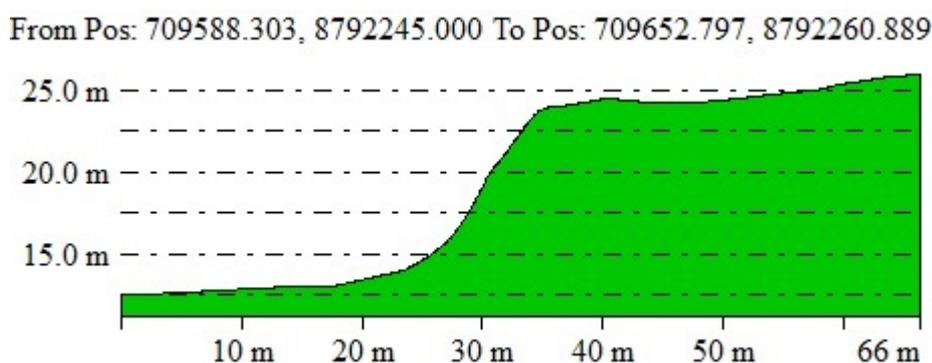


Figura 8 - Perfil topográfico da Zona 2 na Avenida Presidente Tancredo Neves.



Figura 9 - Águas servidas jogadas nas encostas.

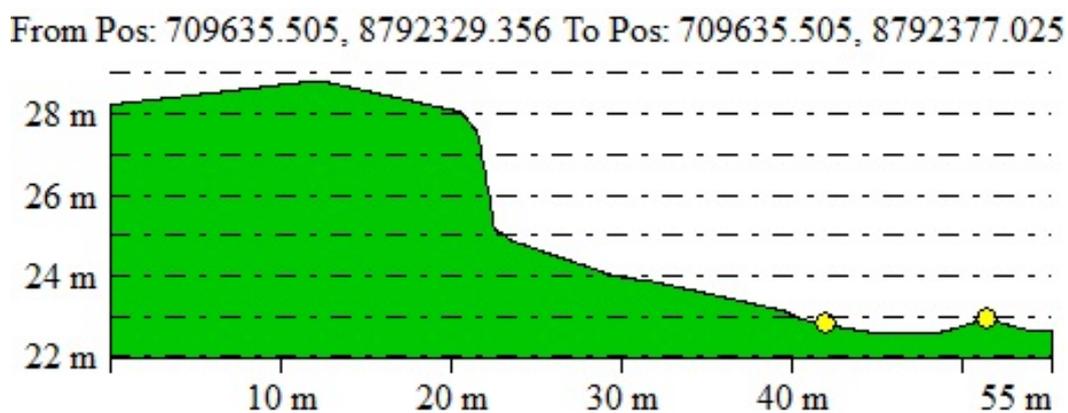


Figura 10 - Perfil topográfico da Zona 2 na Avenida Desembargador Maynard.

Além disso, a constante exposição aos processos erosivos pode levar ao comprometimento da estrutura de algumas moradias, que possui suas fundações feitas no topo ou na base do talude (Figura 11 A e B).

Nessa zona já houve registro de movimento de massa, acarretando desabamento parcial do muro da escola

(Figura 12).

Com base nestas observações e considerando os critérios de Mirandola (2008) pode-se classificar essa zona como de alto risco, e grau de probabilidade R3 de ocorrência de processos associados a movimentos de massa.



Figura 11A- Encostas com processos erosivos as margens da Avenida Desembargador Maynard e edificações em seu topo e base. B- Encosta as margens da Avenida Presidente Tancredo Neves com fundações fixadas no front do talude.



Figura 12 - Muro da escola parcialmente desabado.

ZONA 3

- Localização: Ruas U, I e G (Figuras 1 e 4).

- Quantidade de imóveis em risco: 24 imóveis.

- Quantidade de pessoas em risco: 96 pessoas.

Essa zona tem na sua vertente

lateral uma obra de contenção, composta por retaludamento do terreno, muro gabião e drenagem (Figura 13), na margem da Avenida Desembargador Maynard, porém essa obra não contempla toda região.



Figura 13 - Obra de contenção na Avenida Desembargador Maynard.

Existem residências edificadas à base do talude, assim como no topo (Figuras 14 e 15), com altura de 30 metros, declividade variando entre 30° e 45°. Não existe drenagem pluvial na encosta bem como nas vias próximas além da grande quantidade de lixo encontrado por toda área (Figura 15).

Nessa área também já houve

registro de um escorregamento planar, que afetou casas (Figuras 15 e 16), mas sem vítimas nem perdas materiais, em destaque a casa da base já afetada por movimento de massa como pode ser observado na figura 16. Durante a etapa de campo também foram ouvidos relatos de que em caso de chuva forte há surgência de água no talude.

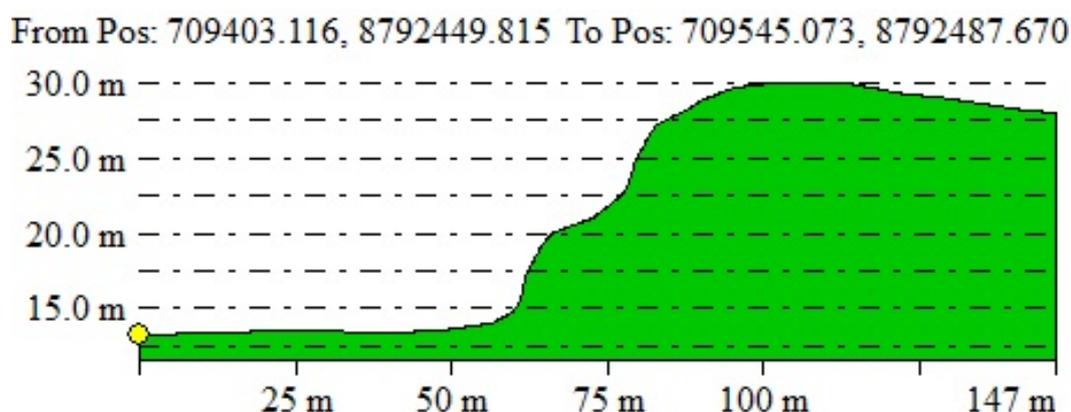


Figura 14 - Perfil topográfico Zona 3.



Figura 15 - Residências construídas na base do talude.



Figura 16 - Edificações no topo e na base do talude.

Considerando estas observações e os critérios de Mirandola (2008), pode-se classificar essa zona como de alto risco, e grau de probabilidade R3 de ocorrência de processos associados a movimentos de massa.

Após a classificação das áreas de

risco foi possível confeccionar um mapa com as áreas de risco do Bairro América, e estabelecer sua hierarquização quanto ao grau de probabilidade de risco de movimento de massa nas encostas (Figura 17).



Figura 17 - Mapa das áreas de risco elevado (zonas em vermelho) do Bairro América.

4. CONCLUSÕES

Com este trabalho verificou-se que a ocupação das três zonas de encostas do Bairro América potencializou o desenvolvimento de condições que provocam situações de risco à população local. Os impactos ambientais agravaram-se nos últimos anos com o aumento progressivo da população, as novas construções e desmatamentos. Há depósitos de resíduos sólidos em locais inapropriados, uso e ocupação desordenada do solo, alteração do equilíbrio das encostas; os quais evidenciam deficiência no planejamento urbano-ambiental do bairro.

A ocorrência de chuvas prolongadas e intensas no inverno favorece o escoamento superficial, que pode carrear grande quantidade de material sedimentar, desestabilizando as encostas ou até deslizando sobre as moradias. Portanto, as encostas do Bairro América precisam de monitoramento e fiscalização, para evitar o agravamento da situação atual, além de obras de contenção ou até mesmo a realocação de famílias.

A proposta metodológica mostrou-se eficaz na identificação e na proposição de áreas de risco aos movimentos de massa. É um instrumento fundamental na organização ou reorganização do espaço frente a uma política de planejamento ambiental.

Os recursos tecnológicos tais como os softwares Global Mapper 15.0, Surfer 9, ARCGIS e o Google Earth permitiram superar as dificuldades que a diversidade e a complexidade dos ambientes naturais impõem. Com o uso dos SIG's que são ferramentas importantes para a geração de mapas e instrumento para um adequado ordenamento territorial.

5. AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem Empresa Brasileira de Agropecuária - EMBRAPA pela disponibilização da imagem utilizada nesta pesquisa, e aos revisores anônimos que contribuíram com suas sugestões de correção para melhora deste artigo.

6. REFERÊNCIAS

- ARAI, M. 2006. A Grande Elevação Eustática do Mioceno e Sua Influência na Origem do Grupo Barreiras. *Geologia USP Série Cientia*, São Paulo, 6(2) 1-6.
- MIRANDOLA, F. A. 2008. Carta de risco de escorregamento em ambiente tecnogênico: o caso da favela Real Parque, São Paulo. Instituto de Pesquisa Tecnológicas do Estado de São Paulo. São Paulo.
- MITCHELL, J.K. 1995. Coping with Nature Hazards and Disasters in US-Mega-cities; perspectives on the Twenty-First Century. *GeoJournal – Disaster Vulnerability of Megacities*, vol. 37, nº. 3, Kluwer Academic Publishers, Alemanha, p. 303-312.
- PELOGGIA, A. 1998. O Homem e o Ambiente Geológico. Xamã Editora, São Paulo, 271p.
- PEREIRA, D. C. 2011. Proposta metodológica para mapeamento de áreas de risco a movimentos de massa: aplicação na área urbana da sub-bacia hidrográfica do córrego da Pedra Branca no município de Alfenas-MG. Universidade Federal de Alfenas. Minas Gerais. 48p.