

Sistema de Informações Geográficas voltado para a identificação de áreas susceptíveis a Movimento de Massa em Pato Branco (PR, Brasil)

Geographic Information System for identifying landslide susceptible areas in Pato Branco (PR, Brazil)

Priscila da Silva Victorino
Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR)

Departamento de agrimensura
pvictorino@utfpr.edu.br

Julio Cesar Paisani
Universidade Estadual do Oeste do Paraná (UNIOESTE)

Programa de Pós-Graduação em Geografia
juliopaisani@hotmail.com

Resumo:

Estudos envolvendo a ocorrência de Movimento de Massa ainda são pouco frequentes nos municípios do Sudoeste do Paraná, a qual tem demonstrado um aumento expressivo de urbanização nas últimas décadas. O relevo da mesorregião Sudoeste é marcado por uma homogeneidade morfológica decorrente do predomínio de feições planas, onduladas e uma porção de áreas fortemente onduladas. Desta forma, este trabalho busca identificar possíveis áreas susceptíveis nesta região, onde os Movimentos de Massa são principalmente associados com chuvas intensas. Para a realização dos experimentos considerou-se uma área teste do município de Pato Branco – PR correspondente ao limite da bacia do Rio Ligeiro. Mapeou-se os pontos de ocorrência do evento em questão, registrados pelo Corpo de Bombeiros e foram levantadas algumas condicionantes, naturais e antrópicas, causadoras deste evento. Com base no desenvolvimento de um Sistema de Informações Geográficas foi possível identificar padrões de ocorrências entre estes condicionantes e mensurar prováveis áreas susceptíveis ao Movimento de Massa a partir de mapas de critério.

Palavras-chave: estabilidade da encosta; mapas de critério; movimento de massa.

Abstract:

Studies analyzing the increasing occurrence of landslides are still limited in the municipalities of Southwest Paraná, which have also experienced a significant urbanization growth in recent decades. The relief of the Southwest mesoregion is morphologically homogeneous with predominance of flat, wavy features and a portion of highly undulating areas. This work seeks to identify landslide susceptible areas in this region, where landslides are mainly associated with intense rainfall. A pilot experiment was carried out in the municipality of Pato Branco (PR, Brazil) at the limit of the Ligeiro River basin. We mapped the points of landslides registered by the Fire Department and identified some natural and anthropogenic conditions that contributed to these events. Based on the development of a Geographic Information System, it was possible to identify patterns of occurrences between these conditions and landslide susceptible areas based on criterion maps.

Keywords: hillslope stability; criterion maps; landslides.

1 INTRODUÇÃO

A ocorrência de catástrofes naturais é dependente de um grande e complexo conjunto de fatores ambientais, podendo ser induzidos também por ações antrópicas. Assim, cada tipo de evento (inundação, Movimento de Massa, erupção vulcânica, terremoto, furacão, etc.) e seus fatores condicionantes são geralmente investigados por diferentes tipos de especialistas e requerem, muitas vezes, avaliações de previsão de ocorrência baseadas em diferentes métodos, técnicas e ferramentas de investigação. Geralmente, em alguns casos, o interesse na previsão é muito maior do que a preocupação com a prevenção do perigo ou suas consequências. No caso dos Movimentos de Massa, a previsão diz respeito do local e tempo que eles ocorrerão, dependendo do tipo de movimento e material movimentado (CARRARA, ET AL., 1999).

Os Movimentos de Massa embora não ocorram exclusivamente em áreas urbanizadas, este processo tem sido recorrente em locais onde acontece ocupação inadequada das encostas. Os fatores condicionantes naturais deste fenômeno quando estão vinculados ao desmatamento e a outras atividades antrópicas podem desencadear instabilidade em áreas avaliadas como estáveis, gerando estragos em propriedades e nos casos mais graves, perdas humanas. É um fenômeno comum em regiões montanhosas altas e inclinadas, porém também pode ocorrer em encostas menos íngremes. Em encostas com inclinações mais suaves, a maioria dos Movimentos de Massa é causado, ou pelo menos provocado, por aumento na pressão da água no solo durante o período de chuvas fortes (SELBY, 1985).

A importância de estudos envolvendo movimentos de massa é ampla, tendo em vista que a humanidade convive com estes tipos de eventos desde a Antiguidade, resultando em grandes prejuízos, tanto materiais como de vidas humanas (TABALIPA, 2008). Contudo, essa temática ainda é pouco explorada nos municípios do Sudoeste do Paraná, os quais apresentavam baixa taxa populacional até a década de 1970, em que a maior parte da população residia em meio rural. Entretanto, essa região tem demonstrado um aumento expressivo de urbanização nas últimas décadas, principalmente nos polos da região, como Francisco Beltrão, Palmas e Pato Branco (IPARDES, 2004).

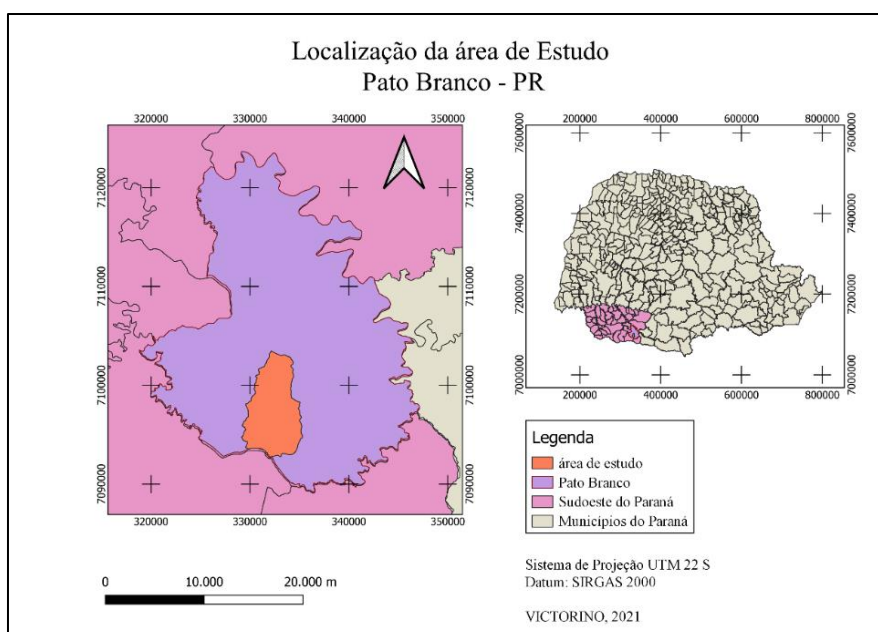
De acordo Instituto Paranaense de Desenvolvimento Econômico e Social IPARDES (2004) o relevo da mesorregião Sudoeste é marcado por uma homogeneidade morfológica decorrente do predomínio de feições planas e onduladas. Apresenta terrenos com declividade de 0 a 6° (0 a 10%) em 55% da área total distribuídos em toda a extensão da mesorregião. O relevo ondulado, que ocorre em 30% da área da mesorregião, com declividade de 6° - 12° (10 a 20%), está distribuído por toda a região. Tais relevos possuem restrições ao uso devido à vulnerabilidade erosiva. Em 15% da área da mesorregião o relevo é fortemente ondulado com declividade entre 12° - 27° (20 a 45%). Este tipo de relevo apresenta áreas com restrições severas para alguns tipos de uso do solo.

O Sistema de Informações Geográficas (SIG) podem funcionar como uma importante ferramenta para análises de áreas susceptíveis ao Movimento de Massa, pois além possibilitar o armazenamento e manipulação de uma grande quantidade de dados, ele viabiliza a combinação de dados espaciais e a elaboração de mapas de interesse, auxiliando a gestão municipal numa visão ampla sobre a realidade do território municipal.

Neste contexto, o presente trabalho teve como objetivo principal identificar possíveis áreas susceptíveis a Movimento de Massa na cidade de Pato Branco - PR, considerando as características geomorfológicas particulares desta região e o índice pluviométrico. Para a realização dos experimentos foi considerada uma área teste do município correspondente ao limite da bacia do Rio Ligeiro (Figura 1) e levantadas as possíveis condicionantes, naturais e antrópicas, causadoras do Movimento de Massa nesta região.

O município de Pato Branco abrange uma superfície de 539,0,87 km² e possui população estimada no ano de 2021 de 84.779 habitantes de acordo com o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). Faz divisa com os municípios de Bom Sucesso do Sul, Clevelândia, Coronel Vivida, Honório Serpa, Itapejara D'Oeste, Mariópolis, Renascença e Vitorino. Situa-se cerca de 430 km a oeste de Curitiba e 509 km do Porto de Paranaguá.

Figura 1 – Área de estudo



Fonte: Autoria própria

2 MATERIAIS E MÉTODOS

A primeira etapa para identificação de áreas susceptíveis a Movimento de Massa na região de interesse foi selecionar as possíveis variáveis condicionantes a este evento de acordo com as características da região de interesse. Para isto realizou-se uma revisão de diversos trabalhos relacionados ao tema desenvolvidos em várias regiões do Brasil (TABALIPA, 2008; FERNANDES ET AL., 2004; PIETRO, 2018; SOUZA E FRANCISCO, 2021; PINHO, FRANCISCO E SALGADO, 2013; entre outros). Desta forma, selecionou-se para o desenvolvimento da presente pesquisa condicionantes geomorfométricas como: Declividade e Curvatura Vertical das vertentes; Tipo de Solo; Pluviosidade e Uso e Ocupação do Solo.

O segundo momento, marcado pela construção do Sistema de Informações Geográficas contendo a intersecção do mapeamento de pontos de ocorrência de Movimento de Massa, registrados pelo Corpo de Bombeiros, e os produtos cartográficos gerados como, Mapa de Declividade, de Curvatura Vertical, de Tipo de Solo, de Uso e Ocupação do Solo e dados de Pluviosidade.

Posteriormente, realizou-se a técnica de atribuição de pesos e notas para cada condicionante e suas respectivas categorias, baseando-se em padrões de ocorrência nos registros obtidos de Movimento de Massa.

Por fim, foram desenvolvidos mapas de cenários de suscetibilidade a partir da aritmética de Mapas, simulando valores de precipitação acumulada.

A elaboração do Sistema de Informações Geográficas e dos produtos cartográficos foi desenvolvida no software QGIS 3.18.1-Zürich. O Modelo Digital de Terreno (MDT) e a Declividade da área de interesse foram gerados a partir da interpolação das curvas de nível, com equidistância de 1 metro, oriundas da base cartográfica do município de Pato Branco e cedidas para o desenvolvimento da presente pesquisa a partir de um ofício. A declividade foi gerada em graus considerando os seguintes intervalos: 0° - 3° , 3° - 8° , 8° - 15° , $>15^{\circ}$. Estes intervalos foram selecionados de forma que abrangesse a variação do relevo da área de interesse, a legislação Lei Federal 6766/79 a qual possui restrições para o parcelamento do solo e a o IPT (1991) o qual estipula intervalos de declividade para urbanização.

O mapa de Curvatura Vertical foi desenvolvido no QGIS a partir de dados obtidos pelo TOPODATA, que oferece livre acesso as variáveis geomorfométricas locais derivadas de dados *Shuttle Radar Topographic Mission* (SRTM) para todo o território nacional. A variável geomorfométrica curvatura vertical foi classificada em côncava, retilínea, convexa. (VALERIANO, 2018).

O mapa de Uso e Ocupação do solo foi desenvolvido a partir da classificação supervisionada da imagem da constelação de satélites Plêiades do ano de 2015 da extensão urbana de Pato Branco, adquirida pelo departamento de Agrimensura da Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR). A classificação da imagem foi realizada com do *plugin Dzetsaka* no software QGIS. As classes escolhidas e identificadas no mapeamento basearam-se na atuação que estas teriam na causa ou agravamento do evento Movimento de Massa. Considerou-se a influência de edificações, da presença/ausência vegetação, sendo que esta ameniza os impactos causados pela chuva e as suas raízes a estabilizar o solo.

O mapa de solo utilizado na presente pesquisa foi obtido a partir da vetorização de um mapa de solos desenvolvido por TABALIPA (2008). O autor desenvolveu um mapa dos solos para a área compreendida pela bacia hidrográfica do Rio Ligeiro a qual pertence ao município de Pato Branco – PR.

Por fim, os dados de pluviosidade diárias do período de 2021 a 2020 da estação meteorológica Pato Banco foram adquiridos pela SIMEPAR. Estes dados foram importantes para compor o banco de dados no que diz respeito a condicionante pluviosidade na ocorrência de Movimento de Massa. Assim, para cada ponto registrado no Banco de Dados observou-se a pluviosidade em milímetros acumulada em 24hs antecedentes. Para o preenchimento do Banco de Dados, os dados de pluviosidade acumulada foram divididos em 4 categorias de acordo com a probabilidade de ocorrência de Movimento de Massa, sendo: $< 50\text{mm}/24\text{h}$ (observação), 50 a $100\text{mm}/24\text{h}$ (atenção), 100 a $150\text{mm}/24\text{h}$ (alerta), $>150\text{mm}/24\text{h}$ (alerta máximo).

Após a conclusão do SIG, foi necessário promover a atribuição dos pesos para cada condicionante e suas respectivas categorias, a fim de desenvolver mapas de cenários. Desta forma, o peso para cada variável foi determinado de acordo com padrões encontrados na base de dados entre os condicionantes e o registro do evento em questão. Para isto, foram desenvolvidos gráficos de dispersão no software Orange, sendo que este tipo de representação gráfica utiliza pontos para representar a relação entre duas variáveis. A influência das variáveis deve totalizar na soma de 100 e os pesos de cada categoria são determinados numa escada de 1 a 9 (GOMES ET AL., 2023), onde o menor peso representa menor vulnerabilidade a Movimento de Massa e o maior peso descreve maior vulnerabilidade.

Os mapas de cenários de áreas susceptíveis à ocorrência de Movimento de Massa, na região de interesse, foram desenvolvidos no *software ArcGis* utilizando a ferramenta *weighted overlay*, a qual possibilita a sobreposição de arquivos utilizando uma ponderação baseada em critérios.

3 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Com o intuito de analisar a correlação entre as variáveis condicionantes ao Movimento de Massa e a ocorrência deste evento foram gerados alguns gráficos de dispersão.

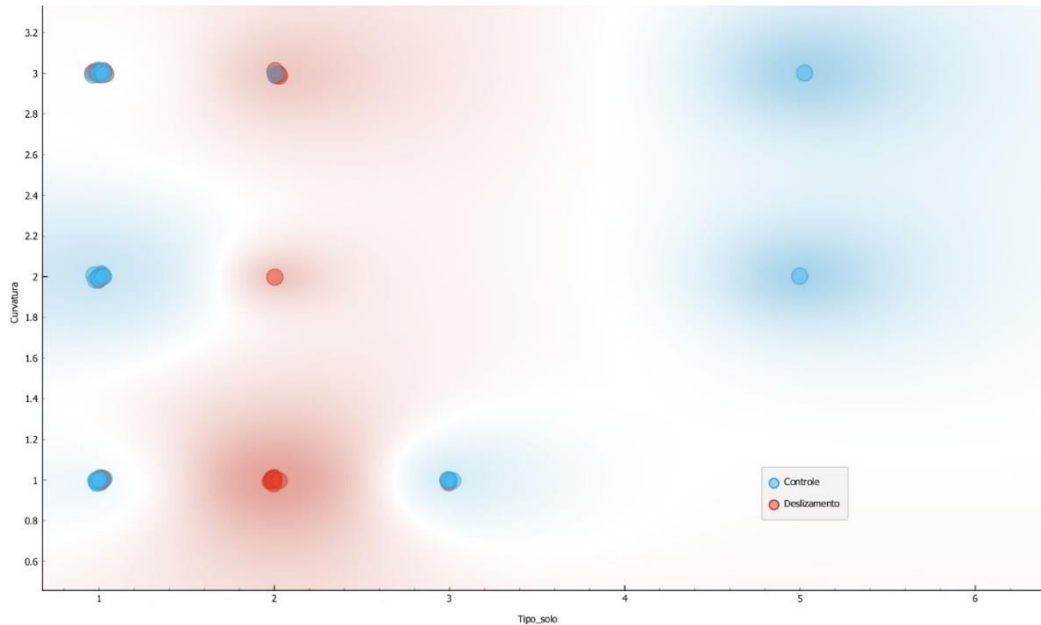
A variável Tipo de Solo foi fixada no eixo horizontal (x) e alternou-se as outras variáveis no eixo vertical (y). Na legenda o círculo azul representa a **Não Ocorrência** de Movimento de Massa e o círculo vermelho a **Ocorrência** do evento. O Quadro 1 apresenta o dado numérico atribuído para cada categoria de cada variável condicionante dentro do Banco de Dados desenvolvido.

Quadro 1 - Classes em valores numéricos

	1	2	3	4
Solo	Latossolo	Cambissolo	Organossolo/ Gleissolo	Nitossolo
Uso do solo	Edificação	Veg. Densa	Veg. herbácea	Solo exposto
Declividade	0 – 3º	3 – 8º	8 – 15º	>15º
Curvatura	Côncava	Retilínea	Convexa	
Pluviosidade	Baixa (< 50mm/24h)	Média (50mm/24h a 100mm/24h)	Alta (100mm/24h a 150mm/24h)	Muito Alta (150mm/2 4h)

Fonte: Autoria própria

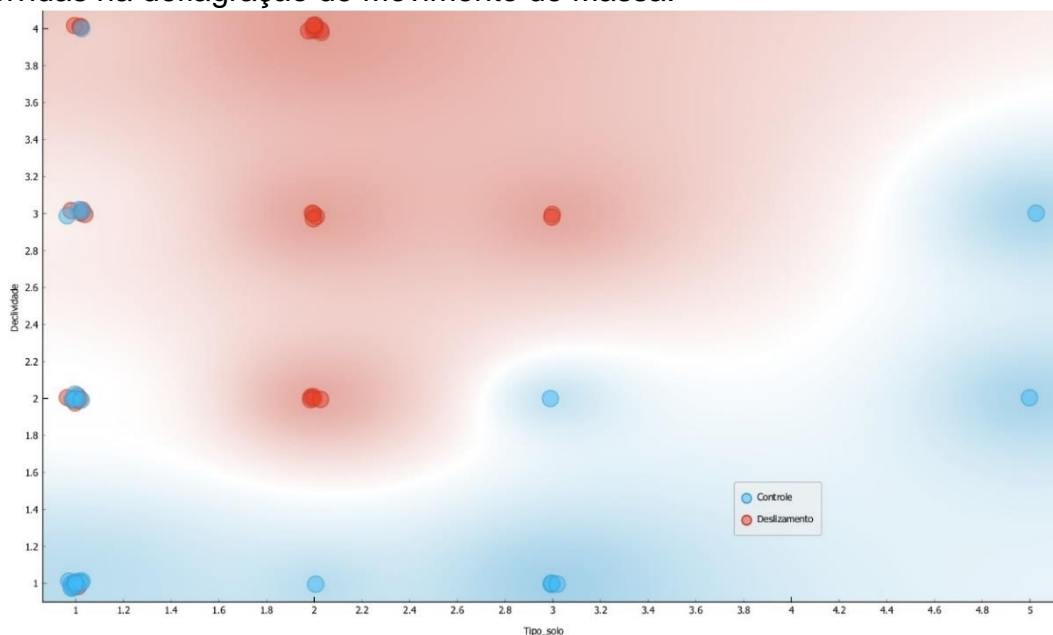
Figura 3 - Correlação entre as variáveis Tipo de solo (eixo x) e Curvatura Vertical (eixo y) envolvidas na deflagração de Movimento de Massa.



Fonte: Autoria própria

A partir da figura 3 onde é representada a correlação entre o Tipo de solo (eixo x) e a Curvatura Vertical da encosta (eixo y) é possível concluir que em regiões onde o tipo de solo possui categoria Cambissolo (2) e a Curvatura Côncava (1) são mais propensas a ocorrência de Movimento de Massa. Isto ocorre devido ao fato de encostas com este tipo de formato serem zonas de convergência de fluxo de água favorecendo a saturação do solo e possuírem material pouco consolidados disponíveis para a mobilização (FERNANDES et al. 2001).

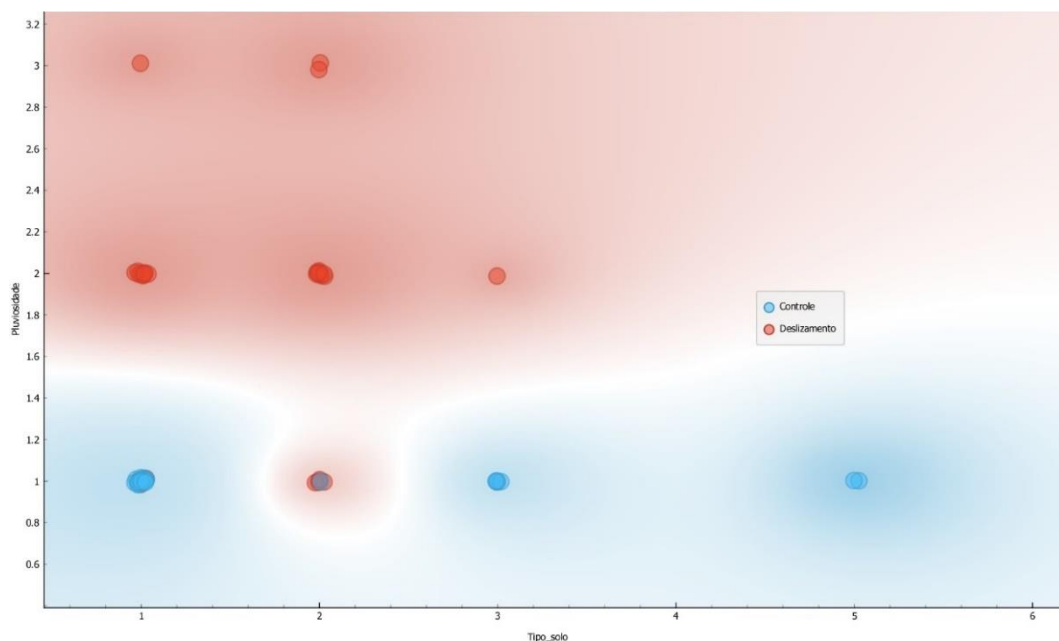
Figura 4 - Correlação do Tipo de solo (eixo x) e Declividade (eixo y) da encosta envolvidas na deflagração de Movimento de Massa.



Fonte: Autoria própria

A figura 4 representa a relação entre o Tipo de solo (eixo x) e a Declividade da Encosta (eixo y), assim a partir deste gráfico pode-se inferir que regiões onde o solo possui categoria Cambissolo (2) e a declividade categoria 4 ($> 15^\circ$) são mais propensas a Movimentos de Massa. Observa-se também ocorrências do evento nas categorias Latossolo (1) e Organossolo (3). A ocorrência de Movimento de Massa na classe Organossolo, no presente trabalho, pode ser devido ao fato do registro do Corpo de Bombeiros, ter sido em uma edificação na cabeceira de drenagem, na qual o acúmulo de água pode ter favorecido o deslizamento.

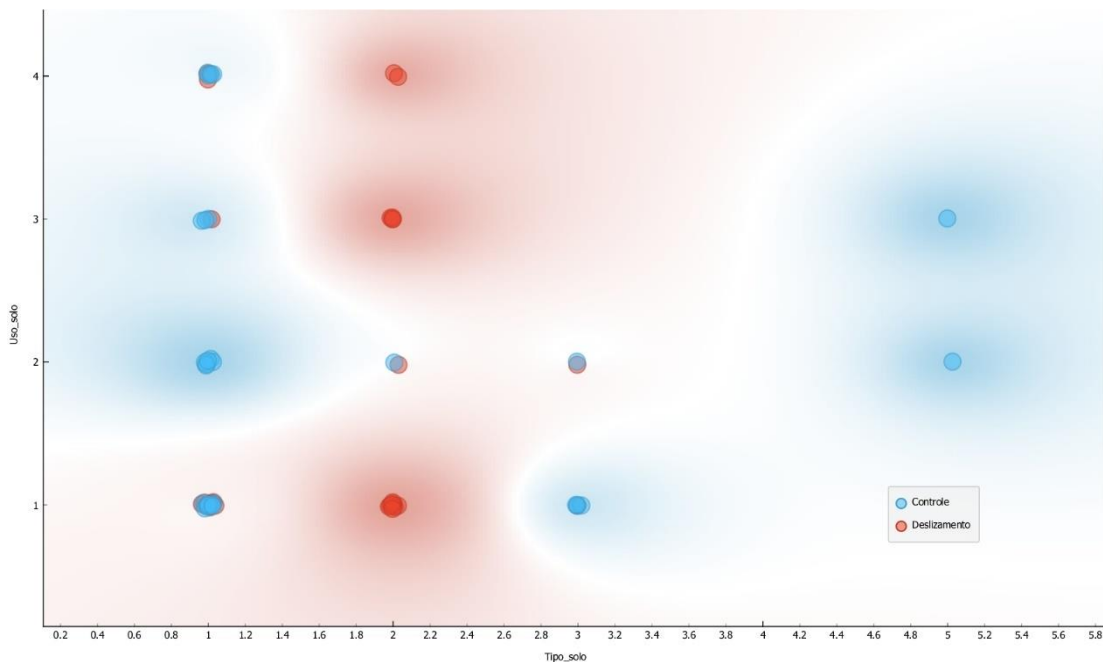
Figura 5 - Relação do tipo de solo (eixo x) e Pluviosidade (eixo y) na deflagração do Movimento de Massa.



Fonte: Autoria própria

A figura 5 mostra a relação entre o Tipo de Solo (eixo x) e a pluviosidade (eixo y) assim, com a inferência do mapa de calor observa-se maior ocorrência de Movimento de Massa em áreas em que a precipitação acumulada é de 50mm/24h a 100mm/24h (2) e 100mm/24h a 150mm/24h (3), tanto no Latossolo (1), Cambissolo (2) e Organossolo (3). Contudo, verifica-se também uma forte influência do solo tipo Cambissolo (2) no MM visto que este evento pode ocorrer mesmo com precipitações baixas $< 50\text{mm}/24\text{h}$ (1). Este fato pode ser explicado em virtude de que o Cambissolo são solos geralmente pouco espessos e que apresentam horizonte B ainda em estágio inicial de formação. Este tipo de solo raso e que ocorre em relevos declivosos não são aptos a ocupação urbana e podem representar problemas sanitários e de deslizamento (Lima et al., 2012; Santos, 2018).

Figura 6 - Relação do tipo de Solo (eixo x) e Uso e Ocupação do Solo (eixo y) no Movimento de Massa



Fonte: Autoria própria

De acordo com a figura 6 a qual representa a relação entre o tipo de solo e o Uso e Ocupação deste na ocorrência de Movimento de Massa, nota-se novamente a grande influência do Cambissolo (1) onde tem-se a presença de áreas edificadas (1), vegetação herbácea (2) e solo exposto (3). Como mencionado anteriormente, a ocorrência do Cambissolo no Sul do estado do Paraná se apresenta como solos rasos e estão localizados em sua maior parte em áreas íngremes o que desfavorece a ocupação urbana podendo ocorrer episódios de Movimento de Massa. Regiões onde há presença de herbáceas e solo sem cobertura vegetal também se tornam propícias a MM devido ao fato de que as raízes da vegetação natural auxiliam na fixação e coesão do solo, por isso, a falta de cobertura vegetal ocasionada pelo desmatamento, ou a presença de vegetação com raízes curtas (herbáceas), é capaz de agravar os Movimentos de Massa.

Os mapas de cenários de áreas susceptíveis ao MM na cidade de Pato Branco foram desenvolvidos utilizando ponderação para cada classe condicionante e suas respectivas categorias. A influência da variável pluviosidade para o desenvolvimento dos mapas foi feita considerando diferentes ponderações para as diferentes classes de pluviosidade o que fez gerar diferentes cenários de áreas de risco.

O peso de influência atribuído a cada variável condicionante, representa que a Curvatura Vertical, Pluviosidade e Declividade possuem o maior peso (30) no processo de cálculo do risco de ocorrência a MM, e as variáveis Uso do Solo e Tipo de Solo menor peso (5).

Na classe Curvatura Vertical, a categoria Côncava recebeu nota maior considerando que esta forma da encosta contribui para concentração de maior volume d'água e sedimentos favorecendo o desencadeamento de MM.

Na classe Pluviosidade as menores notas foram atribuídas aos menores valores de precipitação acumulada e as maiores notas aos maiores valores. Isto ocorreu devido ao fato de o aumento pluviosidade ser um dos maiores desencadeadores de MM, inclusive em áreas menos íngremes.

Na classe Declividade as maiores notas foram atribuídas aos maiores valores de inclinação e as menores notas aos intervalos de menor inclinação, visto que quanto maior a declividade maior a probabilidade de ocorrência de MM.

Na classe Uso do Solo, as notas foram distribuídas de acordo com a presença de cobertura vegetal na superfície, a qual favorece entre outras coisas, a capacidade de infiltração, percolação ou captação de água pelo dossel. Assim, a categoria Solo Exposto teve nota 9 e a Vegetação Densa nota 1.

Por fim, na classe Tipo de Solo foi atribuída a maior nota à categoria Cambissolo, visto que sua ocorrência no sudoeste do Paraná é observada em locais de relevos íngremes. Possui baixa capacidade de retenção e infiltração de água possibilitando o aumento do escoamento de água superficial, o que favorece a ocorrência de erosão por Movimento de Massa (EMBRAPA, 1986). Desta forma, as notas mais baixas foram atribuídas as categorias Latossolo e Nitossolo, por serem, na maioria das vezes, solos mais profundos e bem drenados.

O resultado apresentado por cada cenário foi a classificação de áreas de suscetibilidade de acordo com a ponderação variando de 3 a 9 em que o menor valor representa áreas menos susceptíveis a Movimento de Massa e o maior valor áreas mais susceptíveis. Desta forma, para realizar uma melhor comparação entre os diferentes cenários gerados, adotou-se a classificação (tabela 3) para atribuir as diferentes pontuações resultantes.

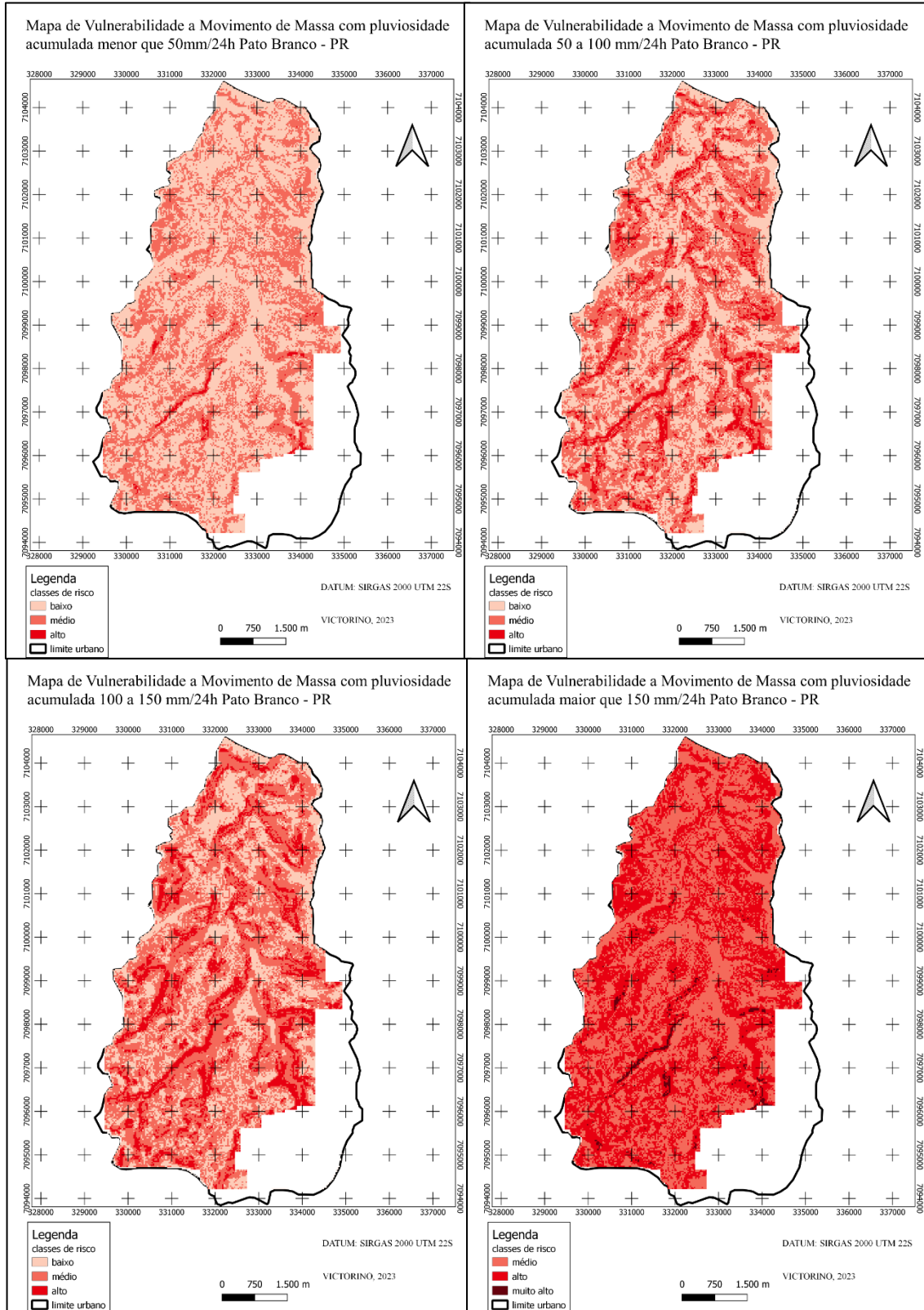
Tabela 3 – Classificação dos mapas de cenários

PONTUAÇÃO	CLASSE DE GRAU DE SUSCETIBILIDADE
3	baixo
4	baixo
5	médio
6	médio
7	alto
8	alto
9	muito alto

Fonte: Autoria própria

Assim, a figura 7 representa os diferentes Mapas de cenários obtidos a partir da sobreposição e ponderação de diferentes variáveis condicionantes ao Movimento de Massa com a variação do grau de precipitação acumulada.

Figura 7 – Mapas de cenários



Fonte: Autoria própria

A partir do desenvolvimento dos mapas de cenários considerando as áreas susceptíveis à Movimentos de Massa, é possível perceber que a cidade de Pato Branco pode apresentar áreas de média, alta e muito alta (áreas mais escuras) suscetibilidade ao evento dependendo da variável precipitação acumulada.

No que se refere a localização, todas as classes de suscetibilidade se apresentam estendidas por toda a cidade, sendo nas encostas que limitam vales principais, as classes de maior suscetibilidade são mais expressivas.

4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A premissa básica para o desenvolvimento desta pesquisa foi encontrar as relações entre a ocorrência de Movimento de Massa na cidade de Pato Branco e os possíveis fatores que deflagram este evento, se caracterizando como experimento de ajuste aos aspectos naturais e antrópicos comuns aos municípios mais populosos da região Sudoeste do Paraná.

O desenvolvimento de mapas representando áreas susceptíveis a Movimento de Massa na região de interesse, em que gerou-se cenários simulando a influência da variável pluviosidade na ocorrência desse evento, são importantes ferramentas para a gestão territorial. O mapeamento destas áreas vulneráveis é fundamental no planejamento do uso e ocupação do solo do território, no sentido de orientar os gestores do poder público no zoneamento do território, onde irá restringir a expansão urbana nas regiões mais susceptíveis a ocorrência do evento em questão. Além disto, auxilia na implantação de obras de melhoria nas áreas mais afetadas onde já ocorre a ocupação humana, ou até mesmo a desapropriação imobiliária com indenização nas áreas onde a mitigação do risco não é suficiente.

REFERÊNCIAS

CARRARA, A., GUZZETTI, F., CARDINALI, M., AND REICHENBACH, P.: **Use of GIS technology in the prediction and monitoring of landslide hazard**, *Natural Hazard*, 117–135, 1999.

DUNNE, T. **Formation and controls of channel networks**. *Prog. Phys. Geogr.* 4,211-239, 1980

DUNNE, T. **Hydrology, mechanics and geomorphic implications of erosion by subsurface flow**. In: *Groundwater Geomorphology*. Ed. C.G., Higgins; D. R., Coates. *Geol. Soc. Am. Spec. Pap.* 252, 1-28, 1990.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA. Serviço Nacional de Levantamento e Conservação de Solos. **Guia para identificação dos principais solos do Estado do Paraná**. Brasília, 1986

FERNANDES, N. F., R. F. GUIMARÃES, R. A. T. GOMES, B. C. VIEIRA, D. R. MONTGOMERY AND H. GREENBERG. 2004. **Topographic controls of landslides in Rio de Janeiro: field evidence and modeling**. *Catena* 55: 163-181.

FERNANDES, N. F.; RENATO F. GUIMARÃES, R. F., ROBERTO A. T. GOMES, R. A. T.; BIANCA C. VIEIRA, B. C.; MONTGOMERY, D. R E GREENBERG, H. **Condicionantes Geomorfológicas dos Deslizamentos nas Encostas: Avaliação de Metodologias e Aplicação de Modelo de Previsão de Áreas Susceptíveis.** Revista Brasileira de Geomorfologia, Volume 2, Nº 1 (2001) 51-71

GOMES, F.; LAPA, D.; ZAIDAN, R. (2023). **Risco a Inundação na Sub-bacia do Rio Paquequer em Teresópolis -RJ.** Espaço Aberto.

INSTITUTO PARANAENSE DE DESENVOLVIMENTO ECONÔMICO E SOCIAL. **Leituras regionais: Mesorregião Geográfica Sudoeste Paranaense.** Curitiba: IPARDES: BRDE, 2004.

IPT. INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS. **Manual de ocupação de encostas,** São Paulo: USP, 1991.

LIMA, V.C.; LIMA, M.R.; MELO, V.F. **Conhecendo os principais solos do Paraná: abordagem para professores do ensino fundamental e médio.** Curitiba: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo / Núcleo Estadual Paraná, 2012.

PINHO, G. M., FRANCISCO, C. N., SALGADO, C. M. **Análise espacial de movimentos de massa em Nova Friburgo, RJ: O caso do desastre natural de janeiro de 2011.** Revista Tamoios, São Gonçalo, RJ, v. 9, n.1, p. 16-27, jan/jul. 2013. DOI: 10.12957/tamoios.2013.5355

SANTOS, H. G. dos. **Sistema brasileiro de classificação de solos.** 5 Brasília: EMBRAPA, 2018, 356 p.

SELBY, M. J. **Earth's changing surface: an introduction to geomorphology.** Oxford: Clarendon Press, 1985.

SOUZA, L. F. G E FRANCISCO, C. N. **Mineração de dados na análise dos condicionantes dos movimentos de massa na região serrana do Rio de Janeiro.** Revista Brasileira de Geomorfologia v. 22, nº 4 (2021)

TABALIPA, N. L. Estudo da Estabilidade de Vertentes da Bacia do Rio Ligeiro, Pato Branco, Paraná. Tese de Doutorado. Universidade Federal do Paraná. Curitiba, 2008

VALERIANO, M. M. (2008) TOPODATA: Guia de utilização de dados geomorfométricos locais. INPE, São José dos Campos.