

Risco a Inundação na Sub-bacia do Rio Paquequer em Teresópolis – RJ

Flood Risk in the Sub Basin of Paquequer River in Teresópolis – RJ

Francisco Carlos Moreira Gomesⁱ
Universidade Federal do Rio de Janeiro
Rio de Janeiro, Brasil

Diogo Parreira Lapaⁱⁱ
Universidade Federal de Juiz de Fora
Juiz de Fora, Brasil

Ricardo Tavares Zaidanⁱⁱⁱ
Universidade Federal de Juiz de Fora
Juiz de Fora, Brasil

Resumo: A região serrana do estado do Rio de Janeiro passa por diversas questões ambientais que transitam dos escorregamentos de terra às inundações, a recorrência desses eventos é marcada por prejuízos e mortes anualmente. Esse trabalho tem sua motivação central na aplicação de uma metodologia para a análise do risco de inundação, utilizando-se de alguns planos de informação espacial de fácil acesso e/ou elaboração. A metodologia se deu em três etapas (obtenção de dados, elaboração de parâmetros e validação), e constatou que os locais na sub-bacia do rio Paquequer com o maior risco a inundações são aqueles ocupados pelo núcleo central da cidade. Assim, foi possível mensurar as áreas de risco à inundação de modo preliminar, com planos de informação relativamente simples de serem gerados. Considera-se então que a metodologia aplicada é uma alternativa para municípios menores, com reduzida capacidade de investimento, para fomentar análises mais robustas de risco à inundação.

Palavras-chave: Risco a Inundação; Geoprocessamento; Análise Ambiental; Modelagem.

Abstract: The mountainous region of the state of Rio de Janeiro, goes through several environmental issues that move from landslides to floods, the recurrence of these events are marked by losses and deaths annually. This work has its central motivation in the application of a methodology for the analysis of the risk of flooding, using some plans of

ⁱ Mestre em Geografia. FranciscoCarlosMoreiraGomes@gmail.com.
<http://orcid.org/0000-0001-9074-1811>.

ⁱⁱ Graduando em Geografia. diogoparreira13@gmail.com. <http://orcid.org/0000-0003-1225-0894>.

ⁱⁱⁱ Professor Associado do Departamento de Geociências. ricardo.zaidan@ufjf.edu.br.
<http://orcid.org/0000-0002-5033-993X>.

spatial information of easy access and/or elaboration. The methodology was carried out in three stages (data collection, parameters elaboration and validation), and found that the places in the Paquequer river sub-basin with the greatest risk of flooding are those occupied by the central core of the city. Thus, it was possible to measure the areas of risk to flooding in a preliminary way, with information plans that are relatively simple to generate. It is therefore considered that the methodology applied is an alternative for smaller municipalities, with reduced investment capacity, to promote more robust analysis of risk to flooding.

Keywords: Risk of Flooding; Geoprocessing; Environmental Analysis; Modeling.

Introdução

O relatório elaborado pelo Escritório das Nações Unidas para a Redução do Risco de Desastres (UNISDR) destacou, em 2016, os dados sobre desastres naturais nos últimos 20 anos ao redor do mundo. Esse relatório apresentou que 90% desses ocorridos estavam relacionados a eventos climáticos.

Entre 1995 e 2015, a EM-DAT registrou 6.457 desastres climáticos relacionados, que reivindicaram um total de 606.000 vidas e afetaram mais de 4 bilhões de pessoas. Em média, 205 milhões de pessoas foram afetadas por tais desastres a cada ano (UNISDR, 2016, p. 07 – Tradução nossa).

Do total desse montante, 43% dos eventos estariam relacionados a eventos hidrológicos. O custo humano neste período foi na ordem de 2,3 bilhões (congregando pessoas feridas ou desabrigadas, onde as inundações foram responsáveis por quase 160 mil mortes). As cifras em valores monetários dos prejuízos diretos e indiretos, relacionadas somente às inundações, contabilizaram mais de 660 bilhões de dólares (UNISDR, 2016).

Geograficamente, a UNISDR ainda apresenta como esses eventos extremos têm suas perdas (humanas e econômicas) concentradas nos chamados países em desenvolvimento. De modo que o contexto brasileiro, relacionado às inundações, não foge a essa realidade de país em desenvolvimento.

Uma possível explicação para tal comportamento se dá principalmente pelo processo histórico de construção e gestão dos espaços urbanos brasileiros. Sobre tal temática, Costa (2016) sustenta que existe uma dívida histórica do processo de ocupação e concentração urbana nas cidades brasileiras de forma desordenada. E esse ônus passa a ser cobrado pelos constantes problemas socioambientais enfrentados pelas cidades atualmente.

Resultando, assim, em uma realidade em que qualquer evento extremo nos centros urbanos é acompanhado de um elevado número de mortos, feridos e desabrigados, bem como onerosas perdas econômicas.

Neste sentido, são necessários esforços no desenvolvimento de mecanismos que auxiliem os gestores municipais, aqueles que convivem diuturnamente com a realidade

de suas cidades, nas iniciativas em prol de um zoneamento e na gestão dos riscos ambientais.

Sendo assim, o geoprocessamento demonstra-se uma ferramenta com alto potencial de ser empregada, frente à sua capacidade de promover a integração de diversos planos de informações geográficas, gerando análises, modelando cenários passados, presentes e futuros.

Porém, nem sempre as metodologias para avaliação de riscos ambientais são simples de serem aplicadas, necessitando muitas vezes de levantamentos de dados em campo, hardware robustos e softwares sofisticados. Fatores que promovem um alto custo agregado neste tipo de análise.

Somado a tudo isso, ainda existe outro desafio para a aplicação do geoprocessamento para o planejamento urbano: a mão de obra. Souza (2010) sustenta que a parte mais importante de todo sistema de informação geográfico seriam os profissionais bem treinados a fim de promover uma integração correta dos dados. Algo que Jenks (MCMASTER, 1997) sustenta ser primordial, pois considera incalculáveis os riscos da elaboração de uma cartografia desleixada. Contraditoriamente, esses profissionais nem sempre estão à disposição do corpo técnico das prefeituras de pequenas e médias cidades brasileiras.

Frente a essa realidade, é necessário promover novas abordagens para o mapeamento de risco a inundação que sejam factíveis de serem aplicadas, para o auxílio no processo de delimitação de acordo com a realidade das prefeituras, frente a seus recursos materiais e humanos.

Assim, o objetivo deste trabalho é demonstrar a aplicação de uma metodologia para a determinação de áreas com risco de inundação pautada apenas na utilização de 3 planos de informação (com relativa facilidade de aquisição) e integrados a partir de aritmética básica. Como uma alternativa para as avaliações preliminares nos municípios que não possuem grandes recursos, sejam materiais e/ou humanos, a fim de realizar análises mais complexas.

Caracterização da Área de Estudo

A área de estudo elencada para a realização deste trabalho é uma sub-bacia do Rio Paquequer (SBRPP), localizada na área urbana do município de Teresópolis. Boa parte da área da bacia, é ocupada atualmente pelo próprio núcleo central de origem do município. Assim, a história de modificação da dinâmica natural da bacia se confunde com a própria história do surgimento de Teresópolis.

O resgate histórico da formação do município revela que o seu início foi ao longo do Vale do Paquequer, seguindo sua característica geomorfológica ao longo do canal do Rio Paquequer. Este ora se estreita, ora se alarga, se aproveitando do forte controle tectônico, promovido por falhas e dobramentos que guiam o curso do rio. Com seu contínuo crescimento, esse processo de antes estava apenas limitado ao Vale do Rio Paquequer, que passou a se expandir perpendicularmente para os vales menores e encostas de seus afluentes (Secretaria Geral do Planejamento – RJ, 2017) e que, ao longo dos 133 anos de formação do município, foi acumulando mudanças na dinâmica dos sistemas naturais atuantes na região.

Com relação a análises morfológicas, a SBRP possui um índice de circularidade de 0,48 o que a configura como uma bacia com uma baixa tendência de cheias, uma vez que tem um caráter mais alongado que circular, corroborando ainda pelos seus altos valores de densidade média de canais na ordem de 2,06 km/km² (MACHADO, 2010).

A SBRP possui uma declividade média de 48,08% que a coloca, em termos gerais, como um local com relevos fortemente ondulados frente à bibliografia especializada (EMBRAPA, 1973). Esse tipo de configuração geomorfológica é característica de locais com tendência ao escoamento superficial em relação a infiltração e percolação. Esses altos índices de declividade média são influenciados pelos relevos escarpados da região, resultado de uma combinação interessante entre o material de origem responsável pela formação de toda a região.

A sobreposição intercalada de granitos e gnaisses, rochas com resistências distintas, promove essa configuração singular do relevo local. Já que o gnaise se meteoriza de forma mais veloz em face ao granito gera uma organização de picos de granitos preservados e escarpas declivosas resultante do intemperismo do gnaise (OLIVEIRA et. al, 2007). Já o seu o clima, sofre evidente influência da sua proximidade com o Oceano Atlântico, que promove fortes chuvas orográficas ao longo do ano, esse fator climático, com uma média anual de 1800 mm (BERNARDO, 2013).

O fato é que a combinação de relevos fortemente ondulados e altos índices pluviométricos são as condicionantes perfeitas para a ocorrência de movimentos de massa. Devido a isso, diversos estudos já se debruçaram sobre tal temática na região da SBRP ou mesmo no município como um todo. Entre esses trabalhos, se destacam Dourado e Roig (2013), Amaral (2016) e Santos (2012).

Porém, a região ainda carece de estudos sobre alagamentos e inundações, uma vez que mesmo tais eventos registrando uma “menor” frequência, em comparação com os escorregamentos, ainda provocam consideráveis perdas econômicas e materiais. Principalmente na região da Várzea, área historicamente mais atingida por esse tipo de evento, núcleo central de formação do município.

Metodologia

A primeira etapa do processo metodológico foi iniciada pela construção dos planos de informação básicos para a análise, referentes à altimetria, uso e cobertura do solo e declividade. O segundo momento, marcado pela atribuição dos pesos, notas e aplicação da fórmula de determinação do risco de inundação (RI). Por fim, ocorreu o processo de validação do mapa de risco de inundação (MRI) a partir dos registros de avaliação de ocorrência da Defesa Civil (RAO) para o ano de 2012, que agrupavam os casos de alagamentos e inundações em toda área (Figura 1).

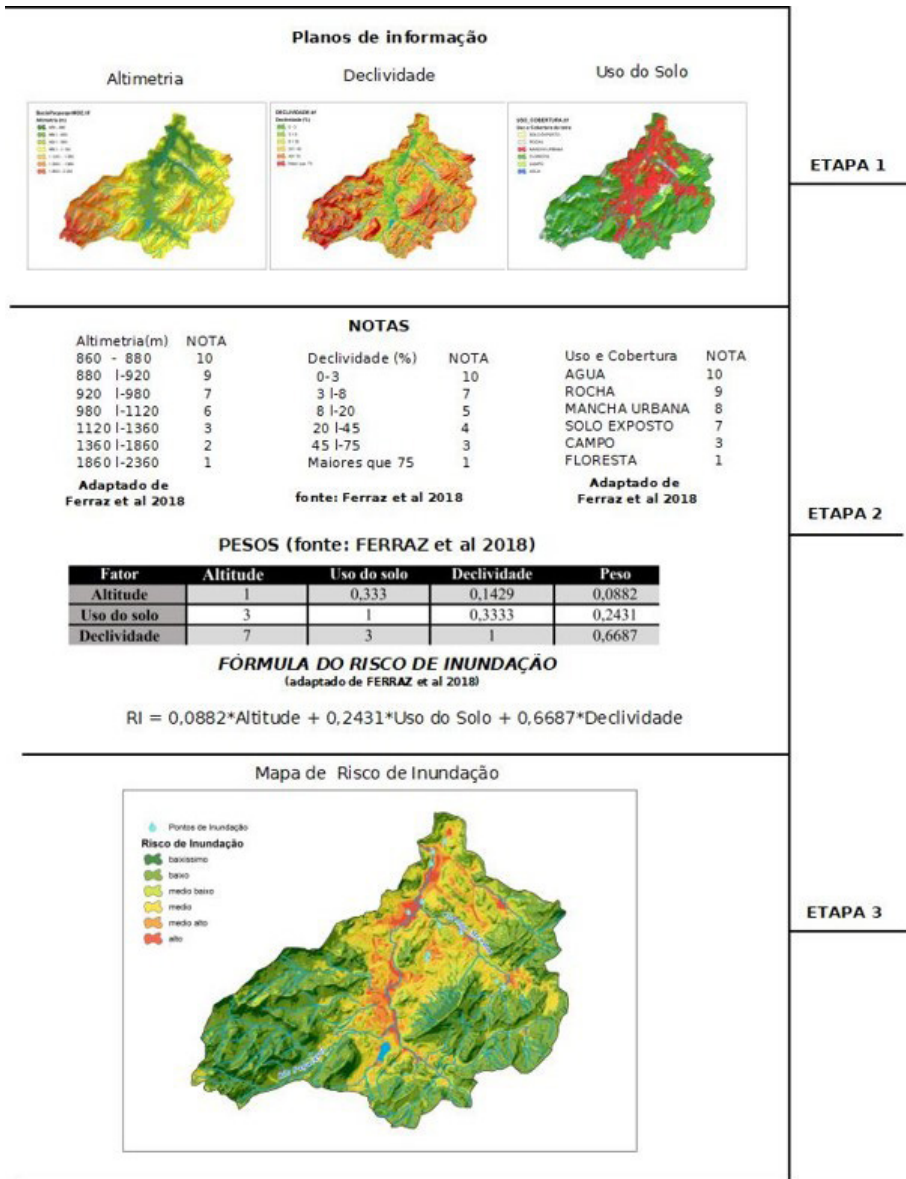


Figura 1 – Fluxograma síntese dos processos metodológicos.

A elaboração dos planos de informação básica (altimetria, declividade) partiram de dados secundários obtidos da base cartográfica do estado do Rio de Janeiro em escala de 1:25.000, disponibilizada pelo Instituto Estadual do Ambiente – INEA. Desta base foram selecionadas as informações de: curvas de nível; redes de drenagem; e pontos cotados.

Tais dados foram inicialmente carregados no ambiente *GIS* do *ArcMap10.3*, no qual ocorreu a construção de um modelo digital de elevação (MDE). Para tal procedimento, foram integrados os dados vetoriais das curvas de nível, das linhas de drenagem e dos pontos cotados, através do interpolador *topo to raster* usando a rotina *Arctoolbox -> Spatial analyst -> Interpolation -> Topo to raster*.

A partir deste MDE, o primeiro plano de informação (a altimetria) foi criado com 10 classes, com intervalos de classe de variação progressiva frente ao aumento da altimetria (Figura 2). A opção pela distribuição assimétrica das classes de altimetria foi necessária a fim de atender a realidade da área de estudo. Pois os pontos altimétricos mais altos são aqueles referentes aos picos da Serra do Mar, mas a área urbana, onde se configura os riscos de perda humana ou econômica pela inundação, está nos primeiros 270 m acima do exutório da bacia.

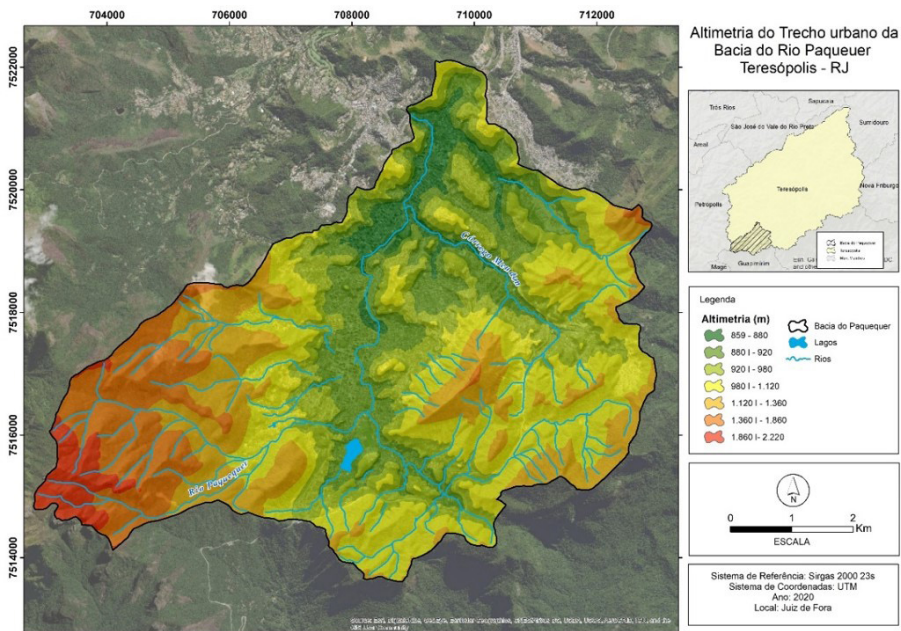


Figura 2 – Classes de altimetria definidas para a da SBRP.

De modo que tal distribuição espacial singular do relevo local ampara a opção metodológica de que, nos primeiros 300m acima da foz da bacia, fossem definidos intervalos de classe menores, na tentativa de reduzir as generalizações na área urbana, local mais sensível aos processos de inundação no contexto da bacia.

O segundo plano de informação gerado foi a declividade (Figura 3), elaborada a partir de MDE gerado na etapa anterior. Ainda no ambiente do *ArcMap 10.3*, pela rotina *Arctoolbox -> Spatial analyst -> surface -> Sloop* foi extraído um *raster* com as informações de declividade da área em valores percentuais. Essas informações de declividade, posteriormente, foram agrupadas a partir das classes propostas pela Embrapa (1973) em:

Plano 0-3%; Suave ondulado 3-8%; Ondulado 8 -20%; Forte ondulado 20-45%; Montanhoso 45-75%; e escarpado para valores superiores a 75%. Em paralelo ao processo de modelagem das informações da topografia (altimetria e declividade), foi executado um mapeamento dos tipos de uso e cobertura da terra (Figura 4), **o terceiro e último plano de informação** na área de estudo. Para a construção desse plano de informação, os trabalhos se iniciaram com o emprego dos dados de uso e cobertura da terra, disponibilizada pelo comitê de bacia do Rio Piabanha em escala 1:25.000 do ano de 2018.

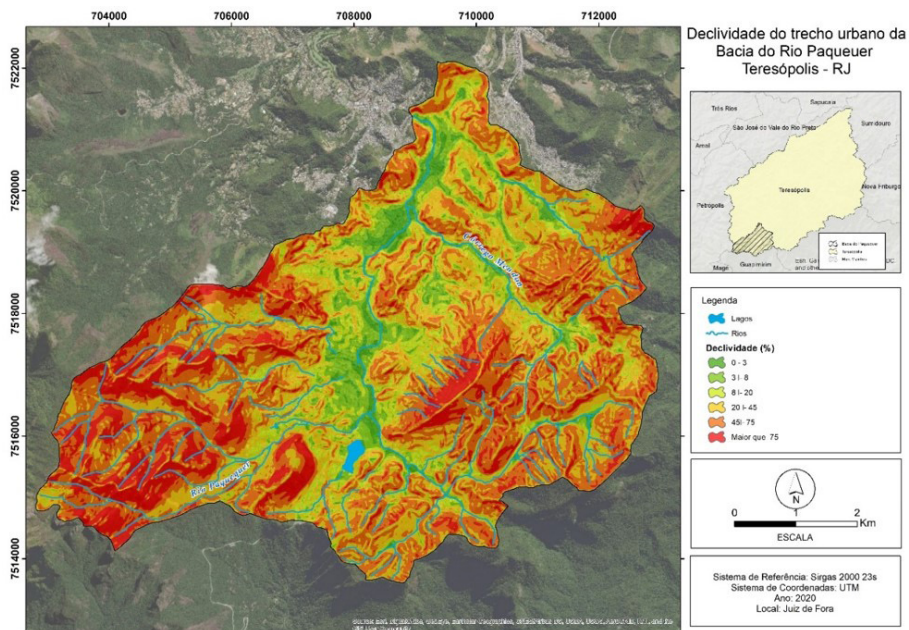


Figura 3 – Classes de declividades definidas para a SBRP.

A partir desta base cartográfica realizou-se o recorte da área da SBRP, que posteriormente passou por um processo de atualização com imagens de 2019 do Google Earth Pro, por meio de uma interpretação visual. Com essas informações de uso atualizadas, ocorreu a necessidade de promover uma simplificação das classes, a fim de promover uma adequação para gerar uma semelhança à classificação usada por Ferraz et al. (2018), considerando a manutenção do sistema de pesos e notas que seria aplicado nas etapas seguintes.

Com a conclusão da criação dos planos de informações básicas, foi necessário promover a atribuição dos pesos para cada plano e suas respectivas classes, a fim de fomentar a integração dos dados por meio da aplicação do cálculo de Risco de Inundação (RI). De forma que o peso para cada plano de informação foi determinado de acordo com a matriz de correlação elaborada por Ferraz et al. (2018).

Tal autora, com relação ao peso de cada variável, apresenta que a altimetria entre as variáveis é a que possui o menor peso no processo de cálculo do risco de inundação (Figura 1) com um valor de 0,0882. Na ordem de importância, para o cálculo do RI, o uso e cobertura da terra com um valor de 0,2431 toma o segundo lugar em nível de importância. Tal escalonamento da importância com relação ao peso do tipo de uso e cobertura é justificável, uma vez que é capaz de influenciar fortemente no processo hidrológico, condicionando um maior índice de infiltração ou escoamento superficial durante o evento de precipitação.

A declividade, por fim, passou a ser considerada como um dos fatores que mais influenciam no risco de inundação, com um peso de 0,6687. Pois superfícies mais planas, com declividades menores, tendem a transformar a energia cinética do movimento da água em energia potencial, acarretando uma acumulação do fluxo. Por outro lado, quanto maior a declividade a predisposição é que ocorra uma maior atuação da energia cinética, contribuindo para o escoamento do fluxo e menor acumulação.

Com os pesos de cada plano definidos, o processo de atribuição de notas a cada classe foi realizado. As notas são determinadas dentro de uma escala de 1 a 10 de acordo com o nível de importância e possível influência no processo de inundação como em Ferraz et al. (2018).

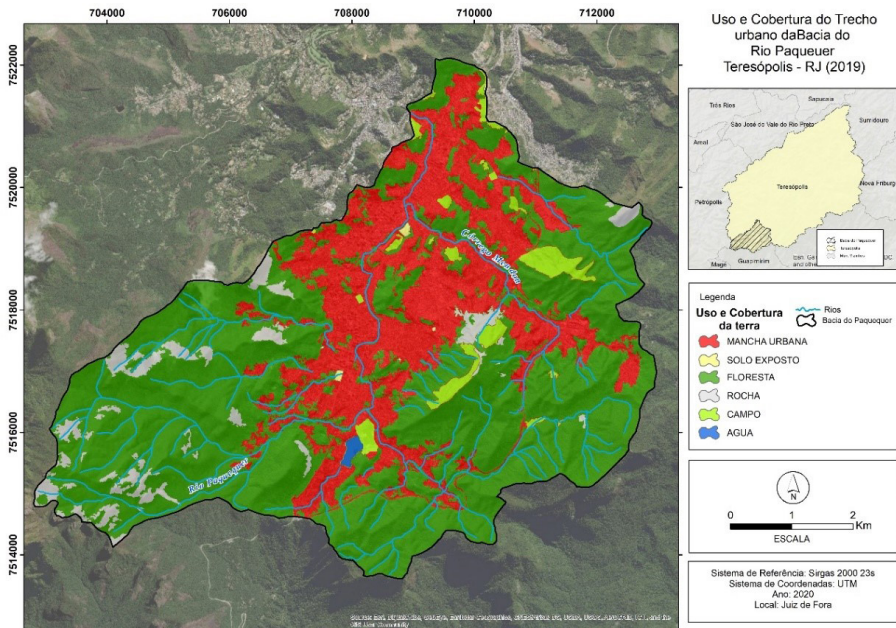


Figura 4 – Classes de Uso e cobertura da terra na SBRP.

Tanto na declividade quanto na altimetria, as notas maiores são atribuídas àquelas áreas com os valores menores. Quanto menor a declividade, maior a capacidade de cumulação de fluxo tendendo para uma maior presença de energia potencial. Da mesma

forma, os menores valores hipsométricos passam a ganhar as maiores notas visto que sua localização normalmente é mais próxima ao exutório da bacia, fator que condiciona uma vocação que todos os fluxos se direcionam para essa área.

Se por um lado as notas atribuídas às classes de declividade e altimetria são um pouco mais simples de serem definidas, já que seguem uma lógica formal, o mesmo não ocorre nas classes de uso e ocupação, que necessitam de uma compreensão mais crítica e holística, pois os mosaicos que compõem a superfície são tão dinâmicos, sendo então impossível analisá-los sem um certo grau de generalização.

Desta forma, as 6 classes estabelecidas para o uso e ocupação receberam notas de acordo com a capacidade de deflagração ou de contribuição direta ou indireta para um evento de inundação semelhante a Ferraz et al. (2018).

A nota 10 foi atribuída a grandes massas d'água que têm a capacidade de promover a deflagração de eventos de inundação. A nota 9 foi destacada para rochas e corpos rochosos devido à sua pouca capacidade geral de infiltração da água, que favorece o escoamento superficial nas áreas de maior declividade e o acúmulo nas de menor declive. Já a nota 8 foi dada à mancha urbana, devido ao grande processo de impermeabilização que esses locais sofrem. Mas, diferentemente das rochas, que possuem uma certa homogeneidade, o espaço urbano tem graus diferentes de permeabilidade (asfalto, cimento, parques, jardins etc.).

Os solos expostos tiveram nota 7, haja vista que inicialmente possuem um maior potencial de infiltração que os demais, porém, quando compactados, passam a contribuir mais com o processo de escoamento superficial do que com o de infiltração. Por último, notas mais baixas foram determinadas para as áreas de campo (nota 3) e florestas (nota 1), tendo em vista que a capacidade de infiltração, percolação ou captação pelo dossel nesses ambientes era superior ao de escoamento superficial.

Com as notas e pesos atribuídos para cada classe e temática, a terceira e última etapa se finaliza pelo processo de integração de dados através do processo de álgebra de mapas pela fórmula de RI.

Tal processo ocorre seguindo dois passos, o primeiro consiste na reclassificação dos *raster's* com planos de informação, para que sejam consideradas as notas de cada classe, executado pela rotina *Arctoolbox -> Spatial analyst -> reclass -> reclassfy*. Posteriormente, os novos *raster's* gerados com os valores das notas de cada classe foram integrados através da *Raster Calculator*, pela fórmula de RI (Figura 1), gerando o MRI pela rotina *Arctoolbox -> Map algebra -> raster calculator*.

Finalizando os processos metodológicos, a terceira etapa consistiu na validação do MRI frente aos RAO, confrontando a localização das ocorrências de inundação e alargamento sobre as classes de RI modeladas.

Tal procedimento foi executado a partir da extração, na localização de cada ocorrência de inundação, das informações das classes de RI, isso se deu através da rotina *Arctoolbox -> Spatial analyst -> extraction -> Extract value to point*. Com essas informações em mãos, os valores das amostras de ocorrências foram usados para calcular os percentuais de ocorrências de inundação em cada classe do MRI.

Resultados

Após o processo de integração dos planos de informação, o resultado final foi o mapa qualitativo do RI na SBRP e o gráfico ilustrando as áreas que sofreram com inundações de acordo com seu nível de risco (Figuras 5 e 6). Do total da área da bacia, foram classificadas com **alto risco** apenas 2,9 % (**1,4 km²**), onde concentraram cerca de 27% (**três casos**) das inundações.

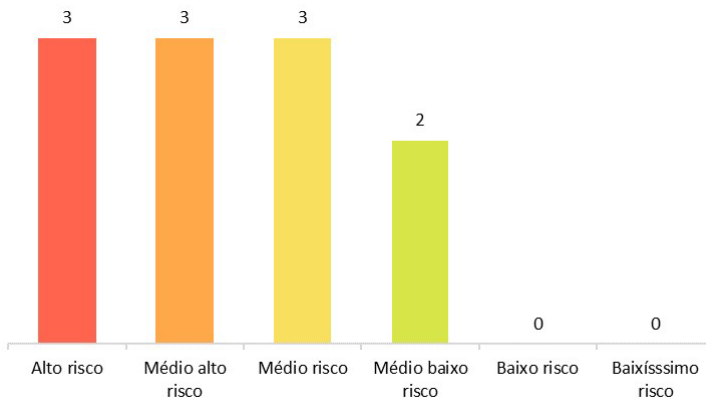


Figura 5 – Gráfico mostrando o número de casos de inundação em áreas de risco.

Já as áreas com risco médio alto de inundação somam na SBRP 6,2% do total (**2,9 km²**) e concentram também outros 27% (**três casos**) dos eventos registrados em 2012. Observa-se então que 55% das inundações e alagamentos foram registrados dentro dos limites indicados pelo modelo de risco alto e risco médio alto, demonstrando uma boa adequação da metodologia aos eventos ocorridos na área.

Por sua vez, aquelas áreas modeladas como **médio risco** contam como 9,4% da área total da SBRP (**4,4 km²**) com também 27% (**três casos**) das ocorrências. Já os locais de **médio baixo risco** que somam 17% da área total (**7,9 km²**) registraram 18% (**dois casos**), e as áreas definidas como de **baixo ou de baixíssimo risco** com 64% do total da área da SBRP (**30 km²**) não registraram nenhum caso de inundação. Tal comportamento leva a acreditar que o sistema de pesos e notas utilizado, que foi baseado em Ferraz et al. (2018), possui uma boa conformidade para a área em questão.

Por outro lado, no que concerne à distribuição dos locais de uso e ocupação, e à delimitação das classes de risco, é possível observar uma correlação entre a interferência antrópica, e as áreas de risco e os locais de ocorrências das inundações. De maneira que quase 60% da área urbana da cidade, que está dentro da SBRP, está em áreas com um risco acima de médio a inundação. Ao observar os registros de ocorrência, considerando a declividade das áreas ao entorno, observa-se que 56% (**cinco casos**) ocorreram em áreas com declividade até 8%, que são consideradas ainda superfícies mais suaves a aplainadas, que tendem à acumulação ser maior que o escoamento.

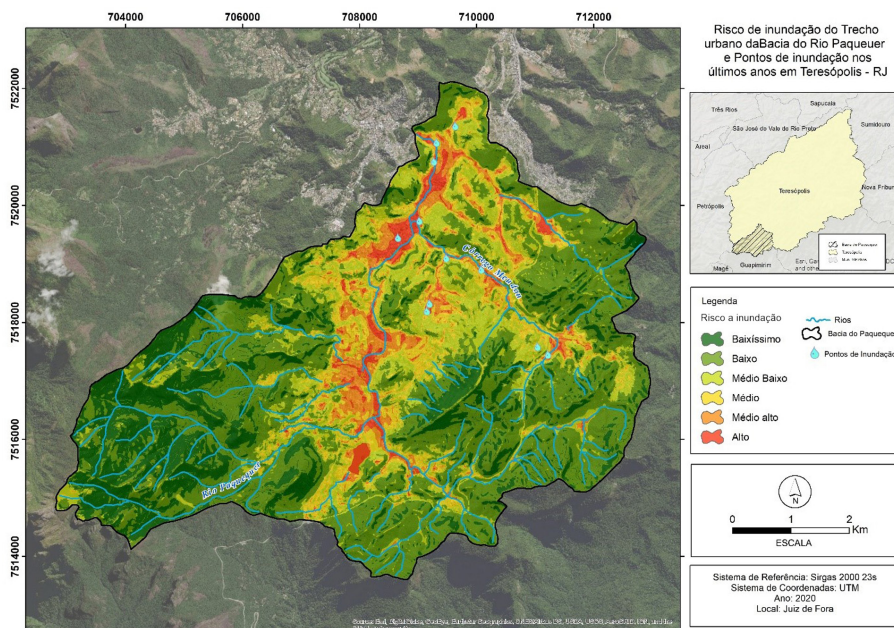


Figura 6 – Risco a inundação a partir da integração dos dados.

No entanto, 44% dos eventos (**quatro casos**) ocorreram em locais entre declividades maiores (entre 8% a 45%) que tenderiam a um maior escoamento e menor acumulação. Tal singularidade pode ser explicada por possíveis alterações na modificação das formas do relevo, redes de drenagem ou permeabilidade dos tipos de uso e cobertura.

Isso traz à tona uma realidade, a dificuldade em promover análises de riscos a eventos extremos em ambientes urbanos. A cidade se constrói e modifica tão rapidamente, convivendo em um ambiente de equilíbrio tão complexo que é necessário desenvolver métodos e técnicas para integrá-los. Como já destacaram Jesus e Lacerda (2004), o ser humano é um agente na formação e modificação dos relevos principalmente nos espaços urbanos, transformações essas que podem ser diretas ou indiretas, ou ainda intencionais ou acidentais

Porém, tal problemática em analisar a complexidade do espaço urbano vai se chocar mais uma vez com os desafios de ordem técnica e financeira da gestão administrativa de médios e pequenos municípios. Pois, para o acompanhamento destas modificações, é necessário um monitoramento constante que via de regra demanda altos custos para a aquisição de dados, equipamentos, softwares e treinamento de pessoal, em locais que os recursos nem sempre estão disponíveis.

Conclusão

Por mais que se encontre desafios e limitações frente ao mapeamento de risco a inundação, ele foi elaborado somente através da declividade, altimetria e uso e ocupa-

ção do solo. Tal análise se mostrou suficientemente capaz de ser empregado em análises preliminares sobre os riscos de inundações em bacias urbanas.

Obteve resultados satisfatórios quando comparada à modelagem com eventos preteritos delineados a partir do banco de dados da Defesa Civil do município, não só para eventos de inundação, como também sendo capazes de se adequar aos locais de ocorrência de alagamentos.

Sendo assim, o presente trabalho foi capaz de demonstrar que, na falta de recursos, é possível, através dos usos de dados de livre acesso e a aplicação de álgebra matemática simples, a construção de um mapeamento de risco a inundação com alto potencial de acerto. Este mapeamento configura-se como uma alternativa viável para a execução de zoneamentos preliminares na ausência da possibilidade de análises mais elaboradas.

Contudo, ainda é preciso evoluir no desenvolvimento de tal metodologia, buscando de alguma forma integrar mais planos de informação, principalmente dados pluviométricos com o objetivo de promover um modelo de análise capaz não apenas de delimitar as áreas de risco de inundação como também de prever os índices pluviométricos para a ocorrência de inundações.

Este seria, em teoria, capaz de fomentar a construção de sistemas de alerta e execução e planejamento de possíveis planos de ação e contingência para tais eventos extremos, possibilitando uma maior capacidade de resiliência e resposta na SBRP. Haja vista que, se a ocorrência de eventos extremos é cíclica, trabalhar na mitigação dos riscos, aumento da resposta e capacidade de resiliência deve ser parte fundamental do processo de planejamento urbano das cidades brasileiras.

Referências

AMARAL, C. Risco a escorregamentos nas encostas de Teresópolis. *Revista de Ciência, Tecnologia e Inovação*, n. 1, p. 27-40, 2017.

BERNARDO, N. M. R. *Análise de fragilidade ambiental com técnicas de geoprocessamento e sensoriamento remoto aplicadas aos municípios de Petrópolis e Teresópolis, Rio de Janeiro*. 2013. 110f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Ambiental). Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Paraná.

COSTA, R. M. *Avaliação de probabilidade e risco à ocorrência de escorregamentos na bacia hidrográfica do córrego Tapera, Juiz de Fora – MG*. 2016. 180f. Trabalho de Conclusão de Curso (Monografia em Geografia) – Universidade Federal de Juiz de Fora, Instituto de Ciências Humanas, Juiz de Fora.

DOURADO, F.; ROIG, H. Mapas de susceptibilidade a escorregamentos rasos usando os modelos SHALSTAB e SINMAP, da bacia do rio Paquequer – Teresópolis – RJ. *Caderno de Estudos Geoambientais – CADEGEO*, v. 4, n. 1, p. 56-66, 2013.

EMBRAPA – EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. *Súmula da X reunião técnica de levantamento de solos*. SNLCS. Série Miscelânea. Rio de Janeiro: Embrapa Informação Tecnológica, 1979.

FERRAZ, C. M. L., VALADÃO, R. C.; HENRIQUE, R. J.; TRINDADE, B. C. Uso de geotecnologias para mapeamento da suscetibilidade a inundações e escorregamentos em Teófilo Otoni, Minas Gerais: potencialidades e limitações. *Revista Vozes dos Vales*, v. 7, n. 14, p. 1-31, 2018.

MACHADO, P. J. O.; TORRES, F. T. P. *Introdução à hidrogeografia*. 1. ed. São Paulo: [s.n.], 2013.

MCMASTER, R. In Memoriam: George F. Jenks (1916-1996). *Cartography and Geographic Information Systems* [s.l.], v. 24, n. 1, p. 56-59, 1997. Disponível em: <https://www.tandfonline.com/doi/10.1559/152304097782438764>. Acesso em: 7 abr. 2020.

OLIVEIRA, S. N.; CARVALHO JÚNIOR, O. A.; MARTINS, E. S.; SILVA, T. M.; GOMES, R. A. T.; GUIMARÃES, R. F. Identificação de unidades de paisagem e sua implicação para o ecoturismo no Parque Nacional da Serra dos Órgãos, Rio de Janeiro. *Revista Brasileira de Geomorfologia*, v. 8, n. 1, p. 87-107, 2007.

SANTOS, D. G. Impactos socioambientais advindo das chuvas locais em áreas naturalmente instáveis ocupadas irregularmente no município de Teresópolis-RJ. In: III Congresso Brasileiro de Gestão Ambiental, 2012, Goiânia. *Anais*. Goiânia: PUC/Goiás, 2012. p. 1-5. Disponível em: <https://www.ibeas.org.br/congresso/Trabalhos2012/XI-017.pdf>. Acesso em: 06 fev. 2023.

SECRETARIA GERAL DO PLANEJAMENTO – RJ. *Estudo Socioeconômico dos Municípios do Estado do Rio de Janeiro 2010 – Teresópolis*. 1. ed. Governo do Estado do Rio de Janeiro: Tribunal de contas do Estado do Rio de Janeiro, 2011.

SOUZA, M. L. *Mudar a cidade: uma introdução crítica ao planejamento e à gestão urbana*. 1. ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2010.

UNISDR – The United Nations Office for Disaster Risk Reduction. *The Human Cost of Weather-Related Disasters 1995-2015*. Louvain: Centre for Research on the Epidemiology of Disasters – CRED, 2016.

Agradecimentos

Agradecemos à Universidade Federal de Juiz de Fora pelo apoio na pesquisa e por seu eterno compromisso com a sociedade brasileira em promover, difundir e gerar conhecimento público e de qualidade. Agradecemos, ainda, à Defesa civil da cidade de Teresópolis pela disponibilização dos dados necessários para a pesquisa.

Recebido em: 18/11/2022. Aceito em: 09/01/2023.