

A importância da integração sociotécnica na identificação e análise de riscos hidrológicos em áreas vulneráveis: o caso do Sol Nascente, DF

Sofia Saraiva de Carvalho

Mestranda em Arquitetura e Urbanismo, PPGFAU/UnB, Brasil

sofiasaraiva534@gmail.com

0009-0005-5306-9305

Liza Maria Souza de Andrade

Professora Doutora, PPGFAU/UnB, Brasil

lizamsa@gmail.com

0000-0002-6624-4628

Maria Elisa Leite Costa

Pesquisadora Doutora, PTARH/UnB, Brasil

mariaelisaleitecosta@gmail.com

0000-0002-5477-4349

A importância da integração sociotécnica na identificação e análise de riscos hidrológicos em áreas vulneráveis: o caso do Sol Nascente, DF

RESUMO

Objetivo - discutir o potencial da integração sociotécnica para a identificação e análise de riscos hidrológicos em áreas socioambientalmente vulneráveis.

Metodologia – partiu-se de uma metodologia com bases sociotécnicas, integrando análises técnicas feitas a partir do modelo hidrológico PCSWMM, com dados obtidos junto aos moradores da área de estudo, Sol Nascente, DF, por meio de oficinas comunitárias de mapeamento de riscos.

Originalidade/relevância – no Brasil, ainda prevalecem métodos de análise e gestão de riscos centrados em abordagens exclusivamente técnicas e pouco adaptadas ao contexto nacional de vulnerabilidade social. O presente estudo inovou ao explorar a integração sociotécnica como estratégia capaz de contornar desafios de ausência de dados sistematizados e de fragilidade institucional. A originalidade reside no cruzamento entre dados técnicos e dados produzidos junto à comunidade afetada, ampliando as possibilidades de gestão de riscos mais eficazes.

Resultados – os dados produzidos com a comunidade permitiram a identificação de locais de risco não captados pela modelagem hidrológico-hidráulica, principalmente nas áreas de maior vulnerabilidade e escassez de informações, reforçando a importância da integração sociotécnica nesses contextos. O cruzamento de dados permitiu a qualificação dos resultados de identificação e análise de riscos hidrológicos, possibilitando um diagnóstico mais realista e contextualizado das dinâmicas hidrológicas locais, direcionando, futuramente, medidas de prevenção, mitigação e enfrentamento mais assertivas.

Contribuições teóricas/metodológicas – o estudo ampliou o debate a respeito da gestão de riscos em contextos de vulnerabilidade social, propondo a integração sociotécnica como alternativa aos modelos tradicionais centrados em abordagens exclusivamente técnicas. No campo metodológico, evidenciou a capacidade do cruzamento entre modelagem e dados produzidos junto à comunidade para fornecer análises mais qualificadas e subsidiar medidas de enfrentamento mais eficazes.

Contribuições sociais e ambientais – socialmente, o estudo contribui na superação da concentração da temática de riscos socioambientais nos organismos de defesa civil e em abordagens estritamente técnicas centradas em respostas pós-desastres, além de fortalecer a participação comunitária e a construção coletiva de ações preventivas. Ambientalmente, fortalece a identificação de áreas de risco de forma mais refinada e a geração de diagnósticos mais assertivos, permitindo o desenvolvimento de políticas de prevenção de desastres socioambientais mais eficazes. Além disso, contribui no favorecimento de gestões ambientais capazes de reduzir impactos hidrológicos e fortalecer a resiliência urbana.

PALAVRAS-CHAVE: Riscos hidrológicos. Integração sociotécnica. Sol Nascente.

The importance of sociotechnical integration in the identification and analysis of hydrological risks in vulnerable areas: the case of Sol Nascente, DF

ABSTRACT

Objective – To discuss the potential of sociotechnical integration for the identification and analysis of hydrological risks in socioenvironmentally vulnerable areas.

Methodology – The study adopted a sociotechnical-based methodology, integrating technical analyses carried out with the PCSWMM hydrological model and data collected from residents of the case study area, Sol Nascente, Federal District, through community workshops for risk mapping.

Originality/relevance – In Brazil, risk analysis and management methods are still predominantly centered on exclusively technical approaches, which are poorly adapted to the national context of social vulnerability. This study innovates by exploring sociotechnical integration as a strategy to overcome challenges such as the absence of systematized data and institutional fragility. Its originality lies in the articulation of technical data with knowledge produced by the affected community, expanding the possibilities for more effective risk management.

Results – Data obtained with the community enabled the identification of risk areas not captured by hydrological-hydraulic modeling, particularly in zones of greater vulnerability and data scarcity, reinforcing the importance of sociotechnical integration in such contexts. The combination of data improved the identification and analysis of hydrological risks, allowing for more realistic and contextualized diagnoses of local hydrological dynamics and, in turn, guiding more assertive prevention, mitigation, and response measures.

Theoretical/methodological contributions – The study advances the debate on risk management in contexts of social vulnerability by proposing sociotechnical integration as an alternative to traditional models based on exclusively technical approaches. Methodologically, it demonstrates the potential of combining modeling with community-generated data to provide more qualified analyses capable of supporting more effective risk management measures.

Social and environmental contributions – Socially, the study contributes to overcoming the current concentration of socioenvironmental risk management within civil defense agencies and strictly technical, post-disaster response approaches, while strengthening community participation and the collective construction of preventive actions.

Environmentally, it enhances the identification of risk-prone areas in a more refined manner and enables the production of more accurate diagnoses, fostering the development of more effective disaster prevention policies. Furthermore, it contributes to the advancement of integrated environmental management practices capable of reducing hydrological impacts and strengthening urban resilience.

KEYWORDS: Hydrological risks. Sociotechnical integration. Sol Nascente.

La importancia de la integración sociotécnica en la identificación y el análisis de riesgos hidrológicos en áreas vulnerables: el caso de Sol Nascente, DF

RESUMEN

Objetivo – Discutir el potencial de la integración sociotécnica para la identificación y el análisis de riesgos hidrológicos en áreas socioambientalmente vulnerables.

Metodología – El estudio adoptó una metodología con bases sociotécnicas, integrando análisis técnicos realizados a partir del modelo hidrológico PCSWMM con datos obtenidos de los residentes del área de estudio, Sol Nascente, Distrito Federal, mediante talleres comunitarios de mapeo de riesgos.

Originalidad/relevancia – En Brasil, los métodos de análisis y gestión de riesgos siguen estando predominantemente centrados en enfoques exclusivamente técnicos, poco adaptados al contexto nacional de vulnerabilidad social. Este estudio innova al explorar la integración sociotécnica como estrategia para superar desafíos como la ausencia de datos sistematizados y la fragilidad institucional. Su originalidad radica en el cruce de datos técnicos con conocimientos producidos junto a la comunidad afectada, ampliando las posibilidades de una gestión de riesgos más eficaz.

Resultados – Los datos obtenidos con la comunidad permitieron identificar zonas de riesgo no captadas por la modelización hidrológico-hidráulica, especialmente en áreas de mayor vulnerabilidad y escasez de información, lo que refuerza la importancia de la integración sociotécnica en estos contextos. La combinación de datos permitió mejorar los resultados de identificación y análisis de riesgos hidrológicos, posibilitando diagnósticos más realistas y contextualizados de las dinámicas hidrológicas locales y orientando, a futuro, medidas de prevención, mitigación y respuesta más acertadas.

Contribuciones teóricas/metodológicas – El estudio amplía el debate sobre la gestión de riesgos en contextos de vulnerabilidad social al proponer la integración sociotécnica como alternativa a los modelos tradicionales basados en enfoques exclusivamente técnicos. Metodológicamente, demuestra la capacidad del cruce entre la modelización y los datos producidos junto a la comunidad para ofrecer análisis más cualificados que apoyen medidas de gestión más eficaces.

Contribuciones sociales y ambientales – Socialmente, el estudio contribuye a superar la concentración de la temática de los riesgos socioambientales en los organismos de defensa civil y en enfoques estrictamente técnicos centrados en respuestas post-desastre, además de fortalecer la participación comunitaria y la construcción colectiva de acciones preventivas. Ambientalmente, favorece la identificación más precisa de áreas de riesgo y la generación de diagnósticos más asertivos, lo que permite el desarrollo de políticas de prevención de desastres socioambientales más eficaces. Asimismo, aporta al fortalecimiento de gestiones ambientales capaces de reducir los impactos hidrológicos y de consolidar la resiliencia urbana.

PALABRAS CLAVE: Riesgos hidrológicos. Integración sociotécnica. Sol Nascente.

1 INTRODUÇÃO

As mudanças climáticas têm elevado a frequência de ocorrência dos eventos considerados extremos, a exemplo das chuvas de alta intensidade e volume, que resultaram em perdas econômicas, sociais e humanas às cidades nos últimos anos. Um importante agravante desse quadro é o modelo de urbanização das cidades brasileiras, desordenadas, desiguais, com altos níveis de impermeabilização do solo e ocupação de terrenos ambientalmente fragilizados. Assim, a população urbana, principalmente em territórios de vulnerabilidade social, tem protagonizado diversos desastres relacionados a alagamentos, enxurradas, deslizamentos de terra e inundações. Em 2024, o Centro Nacional de Monitoramento e Alertas de Desastres Naturais (Cemaden) registrou 3.620 alertas de desastres, sendo o maior número desde sua criação, em 2011. Destes, aproximadamente 53% se referiam a riscos geológicos, a exemplo dos deslizamentos de terra, e os outros 47% estavam associados a riscos hidrológicos tais como enxurradas, enchentes e transbordamentos de rios e córregos (Cemaden, 2024). Já o Sistema Integrado de Informações sobre Desastres (S2iD), registrou 251 mortes por desastres somente em decorrência das chuvas no Brasil em 2024 e quase um milhão de pessoas desabrigadas, sendo o quarto ano mais letal desde 1991 (S2iD, 2024).

Esse cenário lança desafios que têm se desdobrado em inovações na produção e disseminação de conhecimentos sobre ações voltadas, principalmente, para prevenção e diminuição dos desastres relacionados às chuvas intensas. Para Sulaiman *et al.* (2021), essas inovações refletem na evolução de marcos internacionais importantes dos últimos 30 anos. Por exemplo, em 1989 foi lançada a Década Internacional para Redução de Desastres Naturais (ONU, 1989), que teve como foco desastres naturais e seu controle a partir de abordagens técnicas. Já no marco mais recente analisado pelos autores, o Marco de Ação de Sendai (UNDRR, 2015), foi dada grande visibilidade à vulnerabilidade social como um fator determinante para as análises, diagnósticos e propostas relacionadas aos riscos socioambientais, além do apontamento para a participação social como uma importante estratégia de enfrentamento.

Além disso, os Objetivos do Desenvolvimento Sustentável (ODS), pactuados pelos países membros da Organização das Nações Unidas (ONU, 2015), possuem uma série de metas referentes ao aumento de resiliência e adaptação das cidades aos riscos relacionados ao clima. Dentre eles, o combate à pobreza e à vulnerabilidade, a qualificação educacional para o desenvolvimento sustentável e a redução de mortes e vítimas por catástrofes. Sulaiman *et al.* (2019) explicam que os ODS apontam para um reconhecimento do risco como construção social, demandando ações que considerem sua complexidade teórica e metodológica. Dessa forma, os autores defendem o envolvimento de diferentes atores sociais para a potencialização da compreensão acerca da dinâmica do território e tomadas de decisão mais adequadas, pautadas na coprodução do conhecimento. Ademais, o Guia de Mudanças Climáticas, Vulnerabilidade e Risco da ONU Habitat (2020), destaca a promoção de resiliência comunitária como estratégia para auxiliar comunidades em situação de risco.

Apesar disso, as práticas mundiais de Redução de Risco e Desastres (RRD) ainda recebem fortes críticas de especialistas devido, principalmente, ao foco voltado para ações emergenciais e pouco para ações de prevenção e mitigação. Sulaiman *et. al* (2021) explicam que a principal razão do insucesso das estratégias dominantes de RRD são as práticas *top-down* (topo para base), ou seja, ações formuladas a partir da visão de técnicos e gestores sem a participação dos atores locais. Da mesma forma, Maskrey (2011) defende que o gerenciamento de riscos deve ter como base a comunidade (práticas *bottom-up*), empoderando-a e mudando suas

funções de objetos para sujeitos. Funtowicz e Ravetz (1997) utilizam o termo Ciência Pós-Normal para descrever o atual momento de enfraquecimento do domínio técnico-científico e valorização de uma abordagem mais pragmática de previsão de políticas e compreensão societária. Segundo os autores, soluções com foco em pareceres técnicos desenvolvidos por um corpo restrito de especialistas começam a dar lugar a um diálogo estendido principalmente aos afetados por determinada situação, formando uma comunidade ampliada dos pares. Essa comunidade ampliada dos pares é construída através da interação entre diferentes atores sociais que contribuem com múltiplas fontes de conhecimento e capacidades, abrangendo as interfaces da ciência, política e sociedade. Para Sulaiman *et al.* (2019), o envolvimento público na gestão de riscos socioambientais através de metodologias participativas garante, além de propostas baseadas em demandas e conhecimentos profundos do território, a instrumentalização e o desenvolvimento de capacidade e autonomia local.

No Brasil, a Política Nacional de Proteção e Defesa Civil (PNPDEC - Lei 12.608/2012) configurou um importante salto ao incluir a temática de gestão de riscos de desastres às agendas de planejamento urbano. Por outro lado, existem muitos desafios a serem vencidos e avanços necessários na implementação da PNPDEC. Por exemplo, a lei não faz menções à construção de gestão de riscos por meio de planos comunitários. Araújo *et al.* (2017) apontam em seus estudos para a dificuldade de desenvolvimento e aplicação de Planos de Contingência¹ em Santa Catarina, pela não inclusão das comunidades, já que os planos comunitários não são obrigatórios. Em muitos casos os planos de gerenciamento de risco são construídos por órgãos de Defesa Civil com base na PNDEC e a população desconhece a sua existência. Lavell e Maskrey (2014) defendem que práticas e políticas de gestão de riscos precisam ser redesenhas em todo o mundo a partir de novas lógicas de governança com participação social, para reverter o atual cenário de incapacidade de enfrentamento de crise. Diante de uma temática tão complexa e multifacetada, Sulaiman *et al.* (2019) explicam que a articulação entre ciência, tecnologia e comunidade, a partir da cocriação de conhecimentos e compartilhamento das tomadas de decisões, possui grande potencial para superar limitações, qualificar o diagnóstico e proposição de soluções mais adaptadas ao território.

Nesse sentido, a modelagem hidrológico-hidráulica tem se consolidado como uma importante ferramenta, empregada em diversas análises relacionadas à gestão de águas pluviais. A modelagem possibilita análises de escoamento, demonstrando velocidade, nível e volume de água pós chuva em determinado local, auxiliando, por exemplo, na identificação de áreas suscetíveis a alagamentos e enxurradas (Righetto, 2009). Sampaio *et al* (2023) explicam que, dentre suas diversas aplicações, a modelagem tem se tornado uma ferramenta de destaque, contribuindo desde a minimização de gastos desnecessários em obras, comumente utilizada em dimensionamentos de redes de drenagem, até a redução de desastres, dentro de sua aplicação para análise e identificação de riscos e compreensão da dinâmica hidrológica de determinada região. Essa configura-se, portanto, em uma ferramenta com grande potencial de apoio estratégico aos principais processos da gestão de riscos, sendo prevenção e mitigação e, quando articulada a processos participativos, pode resultar em análises locais mais territorializadas e detalhadas.

¹ Instrumento da PNPDEC que se refere a um conjunto de ações preventivas e de mitigação dos impactos de uma ocorrência. Inclui a definição de recursos humanos e materiais para prevenção, preparação, resposta e recuperação frente a desastres socioambientais.

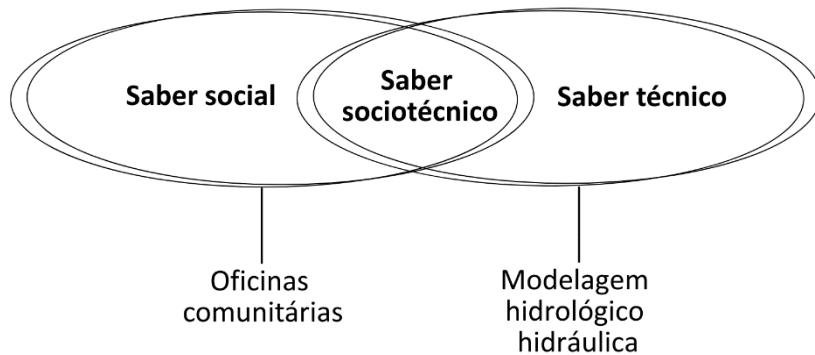
No contexto sul-americano, especialmente brasileiro, marcado por um grave quadro de vulnerabilidade social e ocorrência de desastres hidrológicos, os estudos de integração sociotécnica para gestão de riscos socioambientais pouco evoluíram. Existe um campo consolidado de estudos empregando métodos e ferramentas exclusivamente técnicos, a exemplo da modelagem hidrológico-hidráulica, mas poucos são os estudos que combinam tais métodos a processos participativos. Basco-Carreca *et al.* (2017) e Kotir *et al.* (2017), defendem que métodos sociotécnicos sejam empregados especialmente em contextos urbanos vulneráveis, em que a relação socioambiental exige novas formas de engajamento. Portanto, a identificação dessa lacuna aponta para a necessidade de desenvolvimento de metodologias adaptadas às condições nacionais de ausência, muitas vezes, de dados sistematizados e vulnerabilidade institucional. Assim, esse estudo buscou discutir o potencial da integração sociotécnica para a identificação e análise de riscos hidrológicos em áreas socioambientalmente vulneráveis. Busca-se assim contribuir na superação do atual quadro brasileiro de concentração da temática de riscos nos organismos de defesa civil e nas ações emergenciais pós-desastre, fortalecendo a construção de ações preventivas e de mitigação de desastres junto à população afetada.

A discussão se dará a partir da experiência de elaboração do Plano Comunitário de Gestão e Redução de Riscos com Soluções Baseadas na Natureza para os trechos 2 e 3 da Área de Regularização de Interesse Social (ARIS) Sol Nascente, Distrito Federal (DF). O Sol Nascente é um território periférico marcado por um grave quadro de riscos hidrológicos e uma das regiões de maior vulnerabilidade social do DF. O projeto teve início em 2024 e conclusão em 2025, foi vinculado ao Programa “Periferia Sem Risco” da Secretaria Nacional de Periferias (Ministério das Cidades), em parceria com equipe transdisciplinar da Universidade de Brasília, através do Laboratório Periférico da Faculdade de Arquitetura e Urbanismo (FAU/UnB), e com movimentos sociais locais. O principal objetivo do projeto foi de identificar situações de risco e propor soluções de infraestrutura local com base nas Soluções Baseadas na Natureza (SbN), além de criar uma gestão participativa de risco por meio da sociedade como agente ativo e transformador (Andrade *et al.*, 2025). A metodologia de elaboração do Plano Comunitário (Laboratório Periférico, 2024) teve como base a cocriação de conhecimentos, integrando saber local e saber técnico e buscou contribuir na construção de um acervo nacional de metodologias participativas para a resolução de problemas socioambientais.

2 METODOLOGIA

O presente estudo tem caráter qualitativo e parte do estudo de caso do Trecho 3 do Sol Nascente, setor habitacional localizado no DF. A metodologia aplicada ao estudo utilizou como base o “interacionismo sociotécnico pedagógico”, desenvolvida pelo Laboratório Periférico (Fau/UnB) (Andrade *et al.*, 2022) e certificado como tecnologia social pela Fundação Banco do Brasil. Tal metodologia integra saberes técnicos com saberes populares para a criação de um conhecimento sociotécnico. Segundo Andrade *et. al* (2025), o conhecimento sociotécnico se dá quando sujeitos com conhecimentos científicos compartilham e articulam saber técnico com o saber de sujeitos sociais. Assim, esse trabalho integrou estudos de modelagem hidrológico-hidráulica (saber técnico) com dados produzidos junto à população a partir de oficinas comunitárias (saber social), como esquematizado na Figura 1, para identificar e setorizar riscos hidrológicos no Trecho 3 do Sol Nascente (produto sociotécnico), etapa fundamental para a gestão e mitigação de riscos socioambientais.

Figura 1 - esquematização do método empregado no estudo.



Tais etapas ocorreram da seguinte forma:

i) *Modelagem hidrológico-hidráulica*

As análises hidrológicas foram realizadas utilizando o modelo PCSWMM (*Personal Computer Storm Water Managmet Model*) (Computacional Hydraulic Int. – CHI -, 2007). O PCSWMM é um pacote que utiliza do modelo computacional SWMM (*Storm Water Management Model*) (USEPA- United States Environmental Protection Agency) associado a um Sistema de Informações Geográficas (SIG). O SWMM é um modelo de gestão de águas pluviais desenvolvido na década de 1970 e amplamente utilizado em estudos envolvendo bacias urbanas (Righetto, 2009). A configuração do modelo hidrológico hidráulico seguiu quatro etapas principais: a) delimitação das sub-bacias; b) definição do curva-número (CN); c) incorporação de dados de entrada (modelo digital do terreno e modelagem da rede de drenagem) e d) configuração das chuvas de projeto.

- a) **Delimitação das sub-bacias:** a área de estudo foi dividida em pequenas áreas de captação de água com características uniformes, denominadas sub-bacias, como recomendado pelo manual do usuário. Esta subdivisão da área é feita para captar a variabilidade espacial durante os processos. Cada sub-bacia possui sua própria fração de áreas permeáveis e impermeáveis e é associada a um pluviógrafo no programa. As sub-bacias simulam reservatórios não-lineares e o escoamento superficial acontece quando a profundidade de água ultrapassa o valor de armazenamento, conduzindo-a por diferentes sub-áreas (Wang e Altunkaynak, 2012; Rossman, 2010; Costa, 2013). Neste estudo, as sub-bacias foram delimitadas a partir dos lotes urbanos. A camada *shapefile* de lotes urbanos foi obtida no Geoportal do DF e importada para o modelo. Essa abordagem é comumente empregada para a modelagem de áreas com tipologia urbana uniforme, como no caso do Sol Nascente, onde predomina a tipologia de lotes residenciais altamente impermeabilizados que geram escoamento para um único ponto exutório, geralmente conduzido pela malha viária;
- b) **Definição do CN:** o CN é um parâmetro que se refere à capacidade estimada do volume de escoamento superficial gerado pela sub-bacia após um evento chuvoso e é obtido através do tipo de solo e do uso e ocupação do solo (Lappicy *et al.*, 2020). Para a obtenção do tipo de solo da área de estudo foi utilizado um mapeamento feito por Reatto *et al.* (2004), que identificou Latossolos Vermelhos-Amarelos como

a classe dominante na região. Assim, segundo a classificação de grupos hidrológicos de solos feita por Tucci (1995), a área pode ser classificada como Grupo Hidrológico A, que agrupa tipos de solo com alta propriedade de infiltração e baixa geração de escoamento superficial. Já para a classificação quanto ao uso e ocupação do solo, a categorização foi feita no programa QGIS, por meio do plug-in Dzetsaka, onde foram identificadas três classes distintas: solo exposto, área urbanizada e área vegetada. Dentro do Grupo Hidrológico A, os valores do CN adotados para as diferentes classes de interesse do estudo são: 77 para áreas urbanas, 72 para solo exposto e 39 para áreas vegetadas (Tucci, 2007). Assim, foi definido o CN de cada sub-bacia.

- c) **Incorporação de dados de entrada (modelo digital do terreno e modelagem da rede de drenagem):** o modelo digital do terreno (MDT) possibilita um entendimento mais realista do comportamento hidrológico nas bacias, pois permite cálculos como de declividade e acúmulo de água. Foram utilizados dois MDT no estudo. O primeiro se refere ao levantamento LiDAR realizado em julho de 2020 pela Companhia de Desenvolvimento Habitacional (CODHAB-DF) e o segundo foi produzido a partir das curvas de nível de 5 metros disponíveis no Geoportal do DF. Atualmente, a rede de drenagem do Trecho III do Sol Nascente está em fase de construção. Assim, este estudo considerou a rede drenagem já finalizada, como mostrado na Figura 2, que foi modelada no PCSWMM a partir dos dados do projeto e do *as built* obtidos por meio da Companhia Urbanizadora da Nova Capital do Brasil (NOVACAP) e Secretaria de Obras.

Figura 2 - modelagem da rede de drenagem no modelo.



- d) **Configuração das chuvas de projeto:** para as simulações de comportamento da água pluvial na bacia hidrográfica, foram utilizadas chuvas de projeto, que são criadas dentro do programa seguindo parâmetros fixos e fornecem referências padronizadas para fins de planejamento. Foram incorporadas ao modelo chuvas com Tempo de Retorno (TR)² de 1, 2, 5, 10 e 25 anos para as análises. O Manual de Drenagem e Manejo de Águas Pluviais Urbanas da Agência Reguladora de águas, energia e saneamento básico do DF (Adasa, 2023), sugere que as simulações para avaliação de rede drenagem sejam feitas com chuvas de TR de 10 anos.

Após a configuração do modelo, foram feitas as simulações com a chuva de TR de 10 anos, seguindo a recomendação do Manual de Drenagem da Adasa (2023), para identificar as áreas suscetíveis a alagamentos e enxurradas, principais processos de natureza hidrológica que atingem a região. De acordo com Amaral e Ribeiro (2009), alagamento é um acúmulo temporário de água em alguns locais que se dá pela deficiência no sistema de drenagem. As enxurradas são conceituadas como um escoamento superficial com altas velocidade e energia, causado por chuvas intensas e concentradas, geralmente em bacias pequenas e de relevo acidentado (Cobrade, 2012). Assim, para identificar os poços de visita (PV) da rede de drenagem que alagam durante a chuva, foi utilizada a ferramenta de filtragem do programa (função *select by query*) e solicitada a seleção de PV (*juctions*) onde o atributo de “tempo de alagamento” (*hours flooded*) fosse maior que zero. Os pontos filtrados foram exportados em formato *shapefile* para o programa QGis, onde foi aplicado um *buffer* de 40 metros na camada, gerando as manchas de alagamento. O valor de 40 metros foi definido com base na distância média entre os PV. Já para a identificação dos locais suscetíveis a enxurradas, foi considerado o parâmetro de velocidade do escoamento superficial, o que permitiu a identificação das ruas onde a água pluvial escoa mais rapidamente.

ii) *Oficinas comunitárias*

Já os dados gerados pela comunidade utilizados no estudo foram obtidos através das oficinas comunitárias realizadas no território no âmbito de elaboração do Plano Comunitário de Gestão e Redução de Riscos, como parte da metodologia desenvolvida pelo Laboratório Periférico (2024). Para o desenvolvimento do Plano Comunitário, foram realizadas uma série de oficinas comunitárias no território: oficinas de mapeamento de riscos; oficinas de mapeamento de implantação de SbN e; oficinas de elaboração do Plano de Contingência. Para esse estudo, interessaram as oficinas de a) mapeamento de risco, onde foi obtido o dado de locais de risco segundo a população e de b) elaboração do Plano de Contingência, onde os mapas gerados a partir do cruzamento da modelagem com os dados da população foram validados pelos moradores.

- a) **Oficina comunitária de mapeamento de riscos:** consistiu na localização, por parte dos moradores, dos locais de ocorrência de diferentes tipos de risco. A metodologia envolveu a fixação de ícones, representando diversos tipos de risco, em um mapa

² Este termo se refere ao intervalo de tempo médio, em anos, em que um evento chuvoso pode ser igualado ou superado (Rocha, 2022).

impresso da área de estudo (Andrade *et al.*, 2025), como mostrado nas Figura 3 e Figura 4.

Figura 3 - oficina comunitária de mapeamento de riscos.



Fonte: Laboratório Periférico - FAU/UnB (2024).

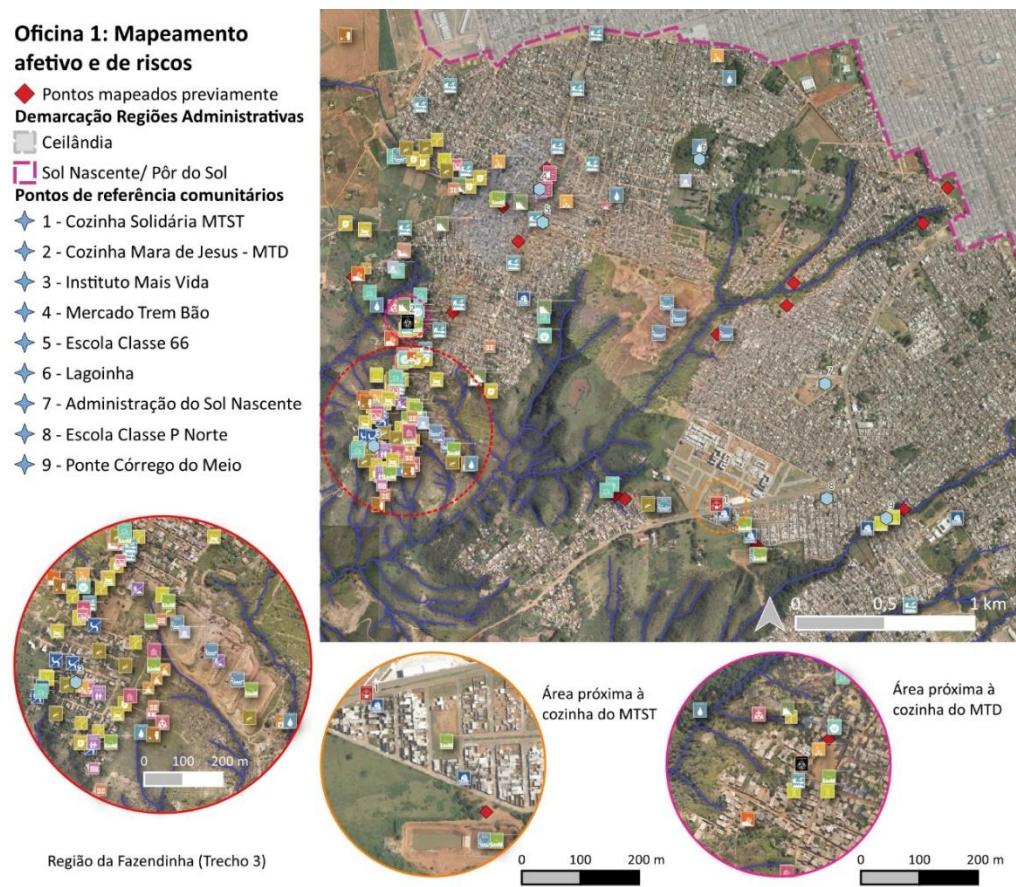
Figura 4 - Exemplos de ícones utilizados na oficina comunitária de mapeamento de riscos.



Fonte: Laboratório Periférico - FAU/UnB (2024).

Os dados levantados durante a oficina foram posteriormente georreferenciados, gerando uma camada de pontos em ambiente SIG, mostrado na Figura 5. Para o presente estudo, foram filtrados os pontos que se referiam a riscos hidrológicos e cruzados com as informações geradas pela modelagem, resultando na elaboração de um mapa, em nível de detalhe, dos locais suscetíveis a riscos hidrológicos, especificamente alagamento, erosão e enxurrada.

Figura 5 - Pontos de risco mapeados pela população durante oficina comunitária.



Fonte: Laboratório Periférico - FAU/UnB (2024).

A identificação final dos locais, a partir do cruzamento dos resultados da modelagem com os dados da população, permitiu que fosse feita uma setorização de risco. Di Gregorio e Couto (2019) explicam que a setorização de risco consiste na delimitação espacial das áreas sujeitas a certo tipo de ameaça e posterior classificação quanto ao grau de risco (baixo, médio, alto e muito alto). A setorização deve ser documentada através de mapas em escala adequada a seu objetivo. Dessa forma, primeiramente a área de estudo foi dividida em pequenas unidades hidrográficas, traçadas com base nas galerias de águas pluviais, vias e bacias naturais, com o objetivo agrupar regiões com características semelhantes de escoamento. Em seguida, cada unidade hidrográfica foi analisada individualmente e classificada quanto ao seu nível de risco em baixo, médio ou alto. Tal classificação foi feita com base nas informações de suscetibilidade a alagamentos, enxurradas e erosões, de proximidade a Áreas de Proteção Permanente (APP) e de inclusão ou não na poligonal de regularização. Assim, quanto maior a incidência desses fatores, maior o nível de risco da unidade hidrográfica. A análise gerou um mapa de setorização de risco, também em nível de detalhe.

- b) **Oficina de elaboração do Plano de Contingência:** para a elaboração do Plano de Contingência, também no âmbito do Plano Comunitário, foram realizadas oficinas no território no formato de um curso de extensão voltado para a percepção de risco, que teve como objetivo capacitar e engajar a comunidade para identificação

de riscos e vulnerabilidades existentes em seu território (Andrade *et al.*, 2025). Durante uma das oficinas, os mapas resultados do cruzamento da modelagem com o mapeamento de risco da população, foram impressos e apresentados aos moradores. Nessa ocasião, os mapas passaram por um processo de revisão junto à comunidade, que direcionou ajustes, complementações e modificações necessárias, de acordo com seus conhecimentos sobre o território. A oficina ocorreu no formato de diálogo e discussão e os apontamentos feitos pela comunidade foram registrados nos próprios mapas com o uso de *post-its*, como mostrado na Figura 6. Aqui destaca-se o caráter inovador do estudo de integração entre dados técnicos e comunitários.

Figura 6 - oficina de elaboração do Plano de Contingência com conferência dos mapas de riscos hidrológicos.

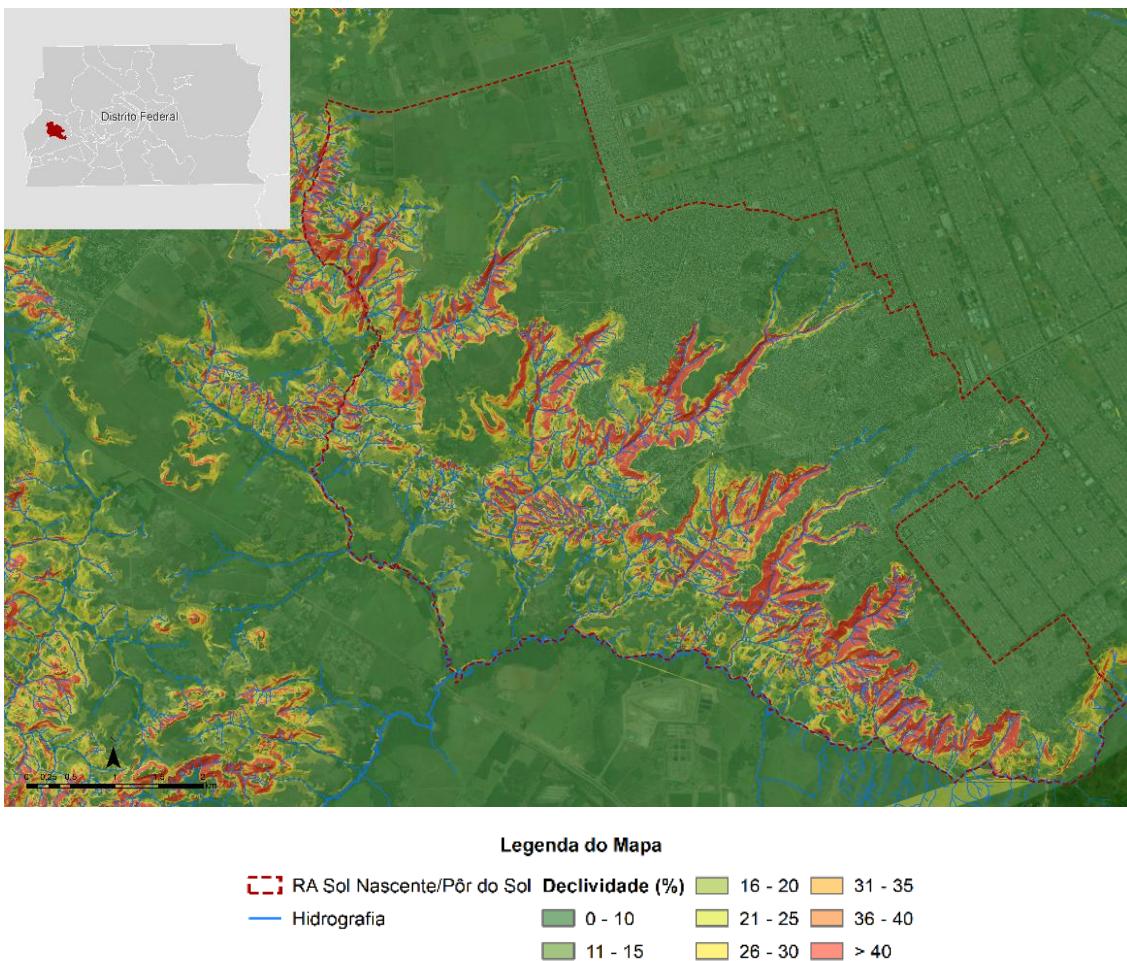


Fonte: Laboratório Periférico - FAU/UnB (2024).

2.1 Área de estudo

A área que hoje corresponde ao Sol Nascente originou-se do loteamento irregular de chácaras localizadas na zona rural da Região Administrativa (RA) de Ceilândia, no DF. O Sol Nascente teve seu auge de crescimento nos anos 2000 e atualmente corresponde à segunda maior favela do Brasil em termos populacionais, segundo dados do censo de 2022 do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2022). O processo de ocupação da área teve como grande propulsor a ação de grileiros, que parcelavam a terra e vendiam ilegalmente para uma população economicamente vulnerável, atividade que perdura no território até os dias de hoje. Nesse cenário, ocorreu uma intensa e precária ocupação de uma região marcada pela fragilidade ambiental, devido à existência de diversos cursos hídricos e relevo acentuado, formado pelos vales dos córregos afluentes do Rio Melchior, como mostrado na Figura 7.

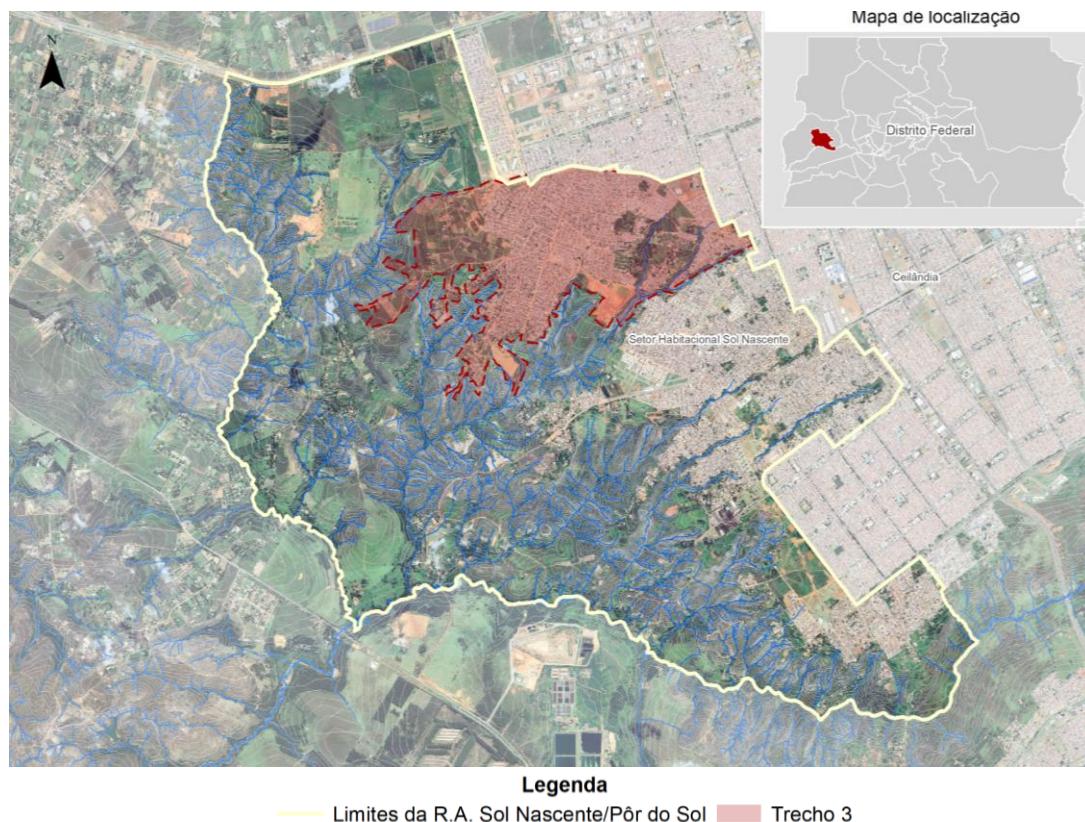
Figura 7 - Declividade e hidrografia do Sol Nascente.



Em 2019, por meio da Lei nº 6.359/2019, o Sol Nascente, juntamente com o setor adjacente Pôr do Sol, tornaram-se a 32ª RA do DF (DF, 2019). Atualmente, o Setor Habitacional Sol Nascente corresponde a uma Área de Regularização de Interesse Social (ARIS) e, devido à sua extensão, o território foi setorizado em três trechos. Graças a uma série de fatores como urbanização incompleta, infraestrutura precária, além da localização a jusante de Ceilândia, área densamente ocupada e impermeabilizada, a população do Sol Nascente vem enfrentando graves problemas socioambientais. Grande parte desses problemas estão relacionados a enxurradas, alagamentos e erosões, além de problemas sanitários. Esse cenário é potencializado pelos intensos eventos pluviométricos ligados às mudanças climáticas e o grave quadro de vulnerabilidade social da área. A área de estudo se refere especificamente ao Trecho 3 do Sol Nascente, em destaque na Figura 8. Esse trecho possui maior densidade populacional e

infraestrutura urbana mais precária, além de possuir diversas casas atualmente fora da poligonal de regularização, potencializando a situação de vulnerabilidade.

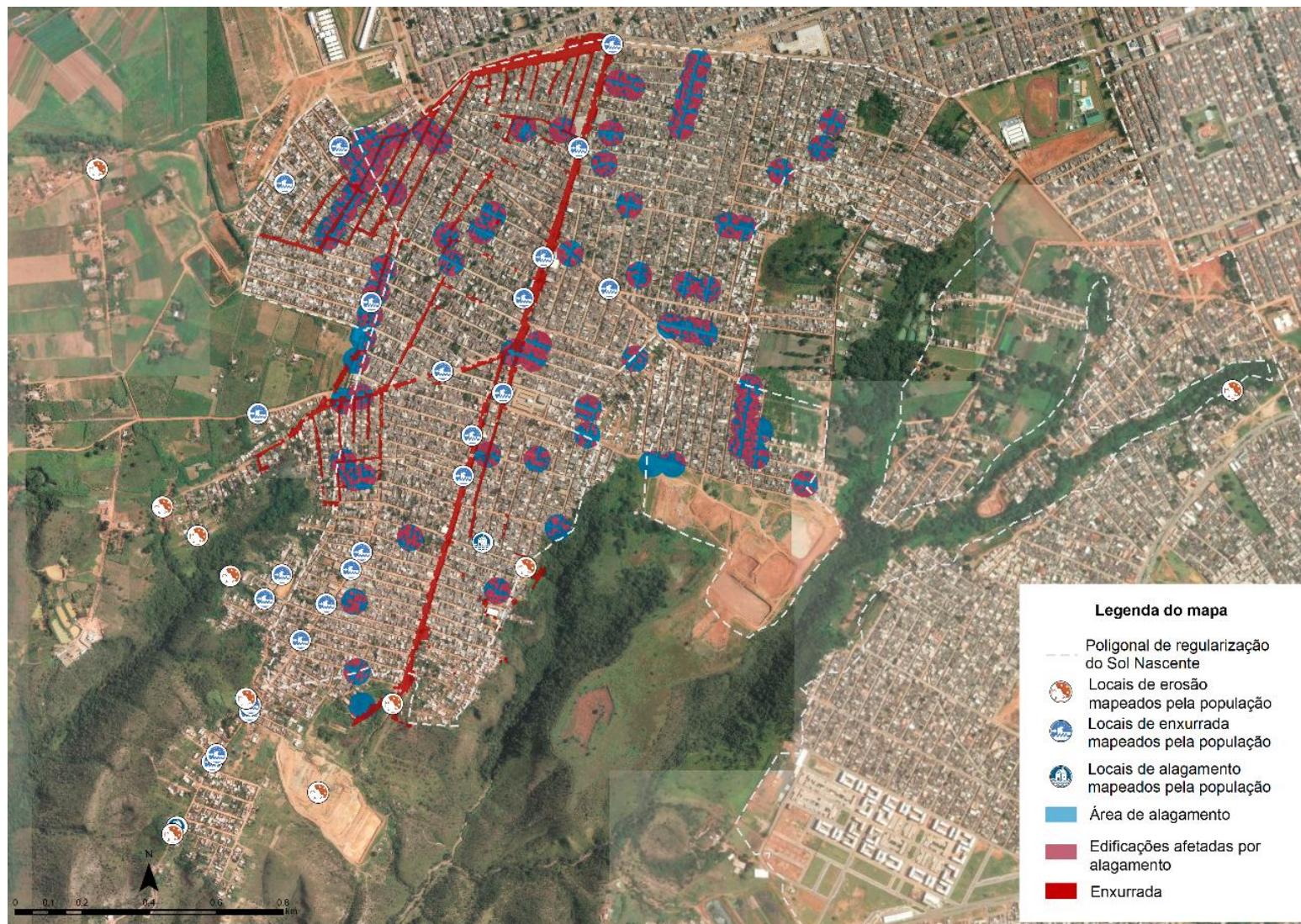
Figura 8 - Divisão de trechos do Sol Nascente.



3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

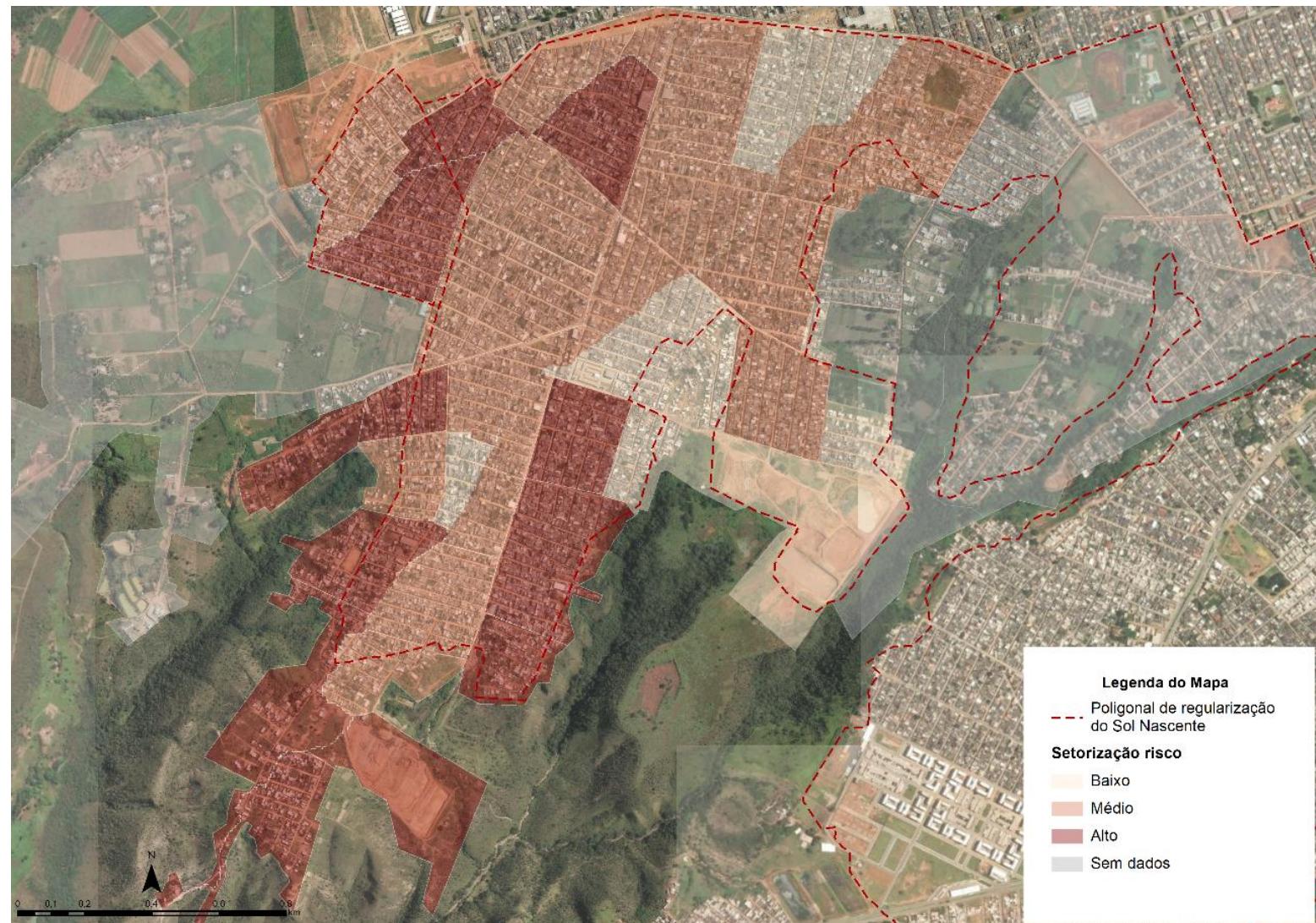
A Figura 9 mostra o resultado do cruzamento entre as informações geradas com a modelagem hidrológico hidráulica e as obtidas com os moradores nas oficinas comunitárias. Observa-se que o mapeamento feito pela população identificou áreas de risco não detectadas pela modelagem, indicando algumas fragilidades nas análises técnicas. A não captação de algumas áreas de alagamento pela modelagem pode ser explicada pelo fato de não existir projeto de rede de drenagem para esses locais, dado necessário para o levantamento de pontos de alagamento segundo a metodologia empregada. Percebe-se também que a não captação de suscetibilidade a enxurradas pelo modelo ocorre nas áreas fora da poligonal de regularização. Isso indica que a falta de um MDT detalhado de todo o trecho pode ter influenciado nos resultados, já que esse é um dado importante para o cálculo de enxurrada e foi limitado à área inserida na poligonal de regularização. Além da escassez de dados, é importante pontuar a incapacidade de representação fiel de uma realidade complexa e multifacetada em um ambiente computacional. Além disso, durante as oficinas, os moradores mapearam locais de ocorrência de erosões, processos causados por eventos de natureza hidrológica, porém incapazes de serem identificados através da modelagem. Diante disso, fica evidente a importância da integração sociotécnica na qualificação dos resultados.

Figura 9 - Mapa dos locais suscetíveis a alagamentos, enxurradas e erosões.



Já a Figura 10 mostra o resultado da setorização de risco. As porções leste e oeste do trecho apresentaram informações insuficientes para a classificação. Observa-se que a porção oeste possui uma ocupação com características predominantemente rurais e baixa ocupação. Já a porção leste, apesar de também apresentar características rurais, possui algumas áreas com ocupação mais intensa quando comparada à porção oeste. Porém, além da escassez de dados para a modelagem, como já citado anteriormente, não foram mapeados pontos de risco hidrológico pela população nesses locais. Assim, essas regiões sem nenhum tipo de informação sobre riscos hidrológicos não foram consideradas na setorização. É importante ressaltar que esse fato não significa necessariamente a não existência de risco nessas áreas e pode estar relacionado a outros motivos, como a não participação de moradores desses locais nas oficinas. Outras áreas fora da poligonal de regularização, porém, foram consideradas na setorização a partir das informações de risco obtidos com o mapeamento da população, como as áreas mais a jusante do trecho.

Figura 10 - Mapa de setorização de riscos.



Nota-se assim que a participação comunitária e integração sociotécnica é fundamental no sentido de suprir, em grande parte, a escassez de dados e refinar resultados, no sentido de possibilitar a captação de nuances não percebidas com o uso exclusivo de ferramentas técnicas. Ou seja, a incorporação de dados obtidos com a comunidade e a validação de informações, permite uma análise e diagnóstico mais realista e contextualizado das dinâmicas hidrológicas locais, das áreas de risco e de fatores de vulnerabilidade, potencializando a compreensão e direcionando medidas de mitigação mais assertivas. É interessante observar que as regiões fora de poligonal e com maior escassez de informações são também as áreas mais vulneráveis do Trecho 3, já que não possuem acesso a serviços básicos e infraestrutura urbana adequada. Além disso, pode ser observado na Figura 5 que nesses locais foram mapeados muitos pontos de risco pela população, a exemplo da região mais a sul do trecho, conhecida como Fazendinha. Nesses casos, os dados obtidos com a população mostraram-se ainda mais necessários, apontando para o que Basco-Carreca *et al.* (2017) e Kotir *et al.* (2017) defendem a respeito da necessidade do emprego de metodologias sociotécnicas em contextos urbanos mais vulneráveis. Os resultados obtidos nesse estudo endossam os autores ao demonstrar na prática a importância do emprego de metodologias sociotécnicas ainda maior nas regiões mais vulneráveis do trecho.

Ademais, os mapas mostrados nas Figura 9 e Figura 10 integraram a Cartilha de Prevenção de Riscos elaborada para a área do Sol Nascente como parte do Plano de Contingência desenvolvido para a área. A documentação dos locais suscetíveis a alagamentos, enxurradas e erosões e da setorização de risco por meio de mapas em escala de detalhe são importantes instrumentos no desenvolvimento de capacidade local para a prevenção e o enfrentamento dos riscos socioambientais. Essa importância se dá tanto pelo produto final, que qualifica a capacidade de resposta da comunidade, quanto pelo processo de construção, que, quando estendido à população afetada, possibilita processos de aprendizagem através de interações entre diferentes grupos. Além disso, fortalece a instrumentalização comunitária, o engajamento e a apropriação social das questões territoriais, resultados da coprodução de conhecimento. Dessa maneira, a integração sociotécnica, representa um caminho promissor na consolidação de práticas mais eficazes na gestão de riscos hidrológicos e socioambientais, principalmente em contextos de vulnerabilidade social, geralmente marcados pela escassez de dados e fragilidade institucional.

4 CONCLUSÃO

Este estudo teve como objetivo discutir o potencial da integração sociotécnica para a identificação e análise de riscos hidrológicos em áreas socioambientalmente vulneráveis. Para isso, partiu-se da abordagem metodológica do “interacionismo sociotécnico pedagógico” (Andrade *et al.*, 2022), articulando análises técnicas de modelagem hidrológico-hidráulica com dados produzidos junto à população por meio de oficinas comunitárias realizadas no território. Como resultado, foi constatada a qualificação da identificação e análise de riscos hidrológicos a partir da complementação das informações técnicas pelas informações da comunidade, tanto pela superação, em partes, da escassez de dados como pela inclusão de nuances não captadas pelo modelo hidrológico. Tal constatação foi ainda mais evidente nas regiões mais vulneráveis do trecho, onde as informações da população foram fundamentais para as análises. Pontua-se ainda a importância do engajamento comunitário nesses processos, já que a baixa participação pode comprometer os resultados finais, como ocorreu com as porções leste e oeste do trecho. Assim, quanto maior a participação comunitária, mais realistas os resultados.

Por fim, diante do apresentado, conclui-se que a efetiva articulação entre ciência, tecnologia e comunidade pode ser um caminho para contornar as limitações presentes em territórios vulneráveis. A superação da lacuna metodológica identificada em estudos sulamericanos, onde abordagens exclusivamente técnicas ainda são predominantes, é fundamental para o desenvolvimento de planos mais inclusivos e efetivos, considerando as desigualdades sociais, vulnerabilidades institucionais e escassez de dados nesses países. Esse estudo busca contribuir na construção de metodologias sociotécnicas para qualificação de diagnóstico e proposição de soluções mais realistas e adaptadas aos territórios. Esse tem se mostrado como um caminho promissor no fortalecimento de ações preventivas e na instrumentalização comunitária, necessários para reverter o quadro atual de ações emergenciais pós-desastre e concentração da temática em organismos de defesa civil, como apontado por Sulaiman *et al.* (2022).

REFERÊNCIAS

- AGÊNCIA REGULADORA DE ÁGUAS, ENERGIA E SANEAMENTO BÁSICO DO DISTRITO FEDERAL (ADASA). **Manual de Drenagem e Manejo de Águas Pluviais Urbanas do Distrito Federal.** [S. I.: s. n.], 2023. ISBN 978-65-992701-1-6.
- AMARAL, R.; RIBEIRO, R. R. **Inundações e enchentes.** In: TOMINAGA, L. D.; SANTORO, J.; AMARAL, R (Org.). *Desastres naturais: conhecer para prevenir.* São Paulo: Instituto Geológico, 2009. cap. 3, p. 39-52.
- ANDRADE, L. M. S. *et al.* **Plano Comunitário de Redução de Risco do Sol Nascente e SbN: Metodologia e Táticas.** -, [s. I.], 2025.
- ANDRADE, L. M. S. *et al.* (eds.). **Residência em Ciência, Tecnologia e Sociedade (CTS): habitat, agroecologia, economia solidária e saúde ecossistêmica: integrando pós-graduação e extensão.** Brasília: FAU, 2022. ISBN 978-65-84854-07-9. DOI 10.29327/577140.
- ANDRADE, L. M. S., MORETTI, R. S. M., LOUREIRO, V. R. T., ROCHA, H. F. M. Formação popular para elaboração do plano comunitário de gestão de riscos frente às mudanças climáticas com soluções baseadas na natureza Sol Nascente-DF. In: **PLURIS**, Portugal, 2024.
- ARAÚJO, A. S.; GAERTNER, F. C.; FERREIRA, D.; ALBINO, L.; PIRES, A.C.; FREITAS, M. J. C. C. Planos Comunitários em Gestão de Riscos e Desastres: uma abordagem preliminar no Estado de Santa Catarina . In: **Congresso Brasileiro de Redução de Riscos e Desastres**, 2. Rio de Janeiro. Anais. 2017.
- BRASIL (2012, 10 de abril). Lei nº 12.608, de 10 de abril de 2012. **Política Nacional de Proteção e Defesa Civil – PNPDEC.** Brasília: Diário Oficial da União, 11/04/2012.
- COBRADE, **Codificação e classificação Brasileira de Desastres**, 2012.
- COSTA, M. E. L. **MONITORAMENTO E MODELAGEM DE ÁGUAS DE DRENAGEM URBANA NA BACIA DO LAGO PARANOÁ.** 2013. Dissertação (Mestrado em tecnologia ambiental e recursos hídricos) - Universidade de Brasília, Brasília, 2013.
- DISTRITO FEDERAL. Lei nº 6.359, de 14 de agosto de 2019. **Cria a Região Administrativa do Sol Nascente/Pôr do Sol – RA XXXII e dá outras providências.** Brasília, DF, 2019.
- FUNTOWICZ, S. O., & RAVETZ, J. R. Ciência pós-normal e comunidades ampliadas de pares face aos desafios ambientais. **Hist. cienc. saúde-Manguinhos**, 1997.
- LAVELL, A., & MASKREY, A. The future of disaster risk management. **Environmental Hazards**, 13(4), 267-280, 2014.
- MASKREY, A. Revisiting community-based disaster risk management. **Environmental Hazards**, 2011.
- ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS – ONU. **International Decade for Natural Disaster Reduction.** A/RES/44/236, United Nation, General Assembly, 1989.
- ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS – ONU. **Transformando Nossa Mundo: A Agenda 2030 para o Desenvolvimento Sustentável**, 2015.

REATTO, A.; MARTINS, É. de S.; FARIAS, M. F. R; SILVA, A. V.; CARVALHO JÚNIOR, O. A. **Mapa pedológico Digital: SIG atualizado do Distrito Federal Escala 1:100.000 e uma síntese do texto explicativo.** Planaltina: Embrapa Cerrados, 2004.

RIGHETTO, A. M. **Manejo De Águas Pluviais Urbanas.** 1. ed. Rio de Janeiro: PROSAB. 2009.

ROSSMAN, L. **Storm water management model User's manual Version 5.0.** Cincinnati: U. S. Environmental Protection Agency, 2010.

SAMPAIO, J. M. et al. Modelagem de Sistema de Drenagem com Desenvolvimento de Baixo Impacto (LID). **Paranoá,** [s. l.], 2023.

SULAIMAN, S. N., JACOBI, P. R., & ALEDO, A. T. Riscos e desastres naturais: contribuições da Ciência Pós-normal para um novo paradigma de conhecimento e gestão. In: P. R. Jacobi, R. F. Toledo, & L. L. Giatti (Org.), **Ciência Pós-normal: ampliando o diálogo com a sociedade diante das crises ambientais contemporâneas.** São Paulo: FSP-USP, 2019.

SULAIMAN, S. N., MOURA, R. B., & NOGUEIRA, F. R. Da geotecnia para a gestão participativa: uma análise crítica de projetos de extensão universitária com foco na redução de risco de desastre. **Revista Brasileira de Gestão Urbana,** v.14, e20210118, 2021.

TUCCI, C. **Drenagem urbana.** Porto Alegre: Editora da Universidade UFRGS/ABRH, 1995. 428 p.

TUCCI, C. **Hidrologia: Ciência e Aplicação.** [S. l.]: UFRGS, 2007. ISBN 9788570259240.

UNITED NATIONS OFFICE FOR DISASTER RISK REDUCTION – UNDRR (org.). (2015). **Sendai Framework for Disaster Risk Reduction 2015-2030.**

WANG, K. e ALTUNKAYNAK, A.M. Comparative Case Study of Rainfall-Runoff Modeling between SWMM and Fuzzy Logic Approach. **Journal of hydrologic engineering.** Vol. 17, No. 2, 2012.

DECLARAÇÕES

CONTRIBUIÇÃO DE CADA AUTOR

- **Concepção e Design do Estudo:** Todas as autoras.
 - **Curadoria de Dados:** Primeira autora.
 - **Análise Formal:** Todas as autoras.
 - **Aquisição de Financiamento:** Segunda autora.
 - **Investigação:** Todas as autoras.
 - **Metodologia:** Todas as autoras.
 - **Redação - Rascunho Inicial:** Primeira autora.
 - **Redação - Revisão Crítica:** Segunda e terceira autora.
 - **Revisão e Edição Final:** Primeira autora.
 - **Supervisão:** Segunda e terceira autora.
-

DECLARAÇÃO DE CONFLITOS DE INTERESSE

Nós, Sofia Saraiva de Carvalho, Liza Maria Souza de Andrade e Maria Elisa Leite Costa, declaramos que o manuscrito intitulado "A importância da integração sociotécnica na identificação e análise de riscos hidrológicos em áreas vulneráveis: o caso do Sol Nascente, DF":

1. **Vínculos Financeiros:** Este trabalho foi financiado pelo Programa Periferia Sem Risco (Secretaria Nacional de Periferias/Ministério das Cidades) em parceria com a FioTec e Unb (DEX/FAU/Laboratório Periférico).
 2. **Relações Profissionais:** Não possui relações profissionais que possam impactar na análise, interpretação ou apresentação dos resultados. Nenhuma relação profissional relevante ao conteúdo deste manuscrito foi estabelecida.
 3. **Conflitos Pessoais:** Não possui conflitos de interesse pessoais relacionados ao conteúdo do manuscrito. Nenhum conflito pessoal relacionado ao conteúdo foi identificado.
-