

PROPOSTA METODOLÓGICA DE AVALIAÇÃO DE RISCOS GEOLÓGICOS PARA DEFESA CIVIL: ESTUDO DE CASO EM BENTO GONÇALVES/RS

Lucas Rafael Norenberg BARBOSA ¹; Adriely Scheffer ARBOITE²

Resumo – A Defesa Civil de Bento Gonçalves/RS, diante dos desastres causados pelas enchentes de maio de 2024, enfrentou um aumento significativo na demanda por vistorias em áreas de risco geológico. Para otimizar esse processo, foi desenvolvida uma metodologia própria baseada na identificação de feições de risco com atribuição de pesos que variam de 0 a 5, possibilitando a classificação do risco em uma escala de muito baixo a muito alto. A aplicação da metodologia em 41 vistorias demonstrou resultados coerentes com os mapeamentos oficiais, como os do Serviço Geológico do Brasil (SGB). A ferramenta mostrou-se eficaz ao subsidiar decisões quanto à necessidade de interdições e ações emergenciais, apresentando boa acurácia mesmo quando comparada a metodologias regionais. Recomenda-se a incorporação do método nas rotinas de vistorias da Defesa Civil e sua adaptação para diferentes contextos geotécnicos.

Abstract – The Civil Defense of Bento Gonçalves/RS faced a sharp increase in demand following the floods of May 2024. In response, a risk assessment methodology was developed to streamline inspections of geologically vulnerable areas. This method involves the identification of risk-related features, each assigned a weight from 0 to 5, resulting in a total score that classifies the geological risk from very low to very high. Applied to 41 inspection points, the methodology proved consistent with official risk maps, such as those by the Geological Survey of Brazil (SGB). The tool effectively guided decisions regarding area interdictions and emergency actions. Despite comparisons with broader-scale regional mapping, the method demonstrated high reliability for detailed assessments. The study recommends integrating this tool into Civil Defense routines and adapting it to different geotechnical scenarios.

Palavras-Chave – Defesa Civil, risco geológico, deslizamentos, metodologia de avaliação, enchentes, Bento Gonçalves.

¹ Geól, Msc, Arcgeo Geologia e Meio Ambiente, (51) 997019376, contato@arcgeogeologia.com.br

² Geól, Arcgeo Geologia e Meio Ambiente, (51) 999410910 contato@arcgeogeologia.com.br

1. INTRODUÇÃO

O trabalho da defesa civil de cada município é de suma importância para reduzir o risco de desastres de forma que previna, mitigue, socorra e recupere as áreas que possam ser atingidas por desastres geológicos, como enchentes e movimentações de terra, visto isso se faz necessário otimizar o tempo gasto na realização das vistorias para que evite tragédias.

Pensando nisso, a partir de um trabalho realizado no município de Bento Gonçalves, onde devido aos desastres ocasionados pelas enchentes de Maio de 2024 no RS houve um incremento enorme na demanda da Defesa Civil, foi elaborado um método próprio de avaliação através de uma planilha de riscos geológicos, onde é levado em conta as diferentes feições a serem observadas, com uma pontuação de valores pré-definida a ser atribuída em função do peso para cada feição de risco que for constatada, gerando como produto final um somatório de pontos que classificará o risco geológico entre muito baixo e muito alto, subsidiando as ações de interdição e obras da defesa civil. Este método foi testado no município e tem dado resultados relevantes para a Defesa Civil, portanto, se avaliou a possibilidade de que ele seja testado e extrapolado para outras defesas civis do Brasil.

2. METODOLOGIA

A partir de uma série de deslizamentos de terra ocorridos na enchente de maio de 2024 na cidade de Bento Gonçalves/RS, num evento de chuvas extremas, em função da demanda dos próprios moradores para saber se estão em áreas de riscos, houve a busca pelo auxílio da defesa civil do município para voltarem a suas casas ou reconstruí-las. Assim, foi proposto o acompanhamento desses locais, que podem estar associados a áreas onde já ocorreram deslizamentos, ou áreas que possam ocorrer deslizamentos, ou a critério do próprio residente.

A metodologia foi criada após algumas vistorias, onde se constatou a possibilidade de classificar o risco através da identificação de feições de risco geológico, atribuindo pesos para cada feição encontrada de maneira binária entre 0 e 5, onde 5 representa uma feição oferece risco muito alto, 1 representa risco muito baixo e 0 não está presente. Portanto, foi vinculada uma tabela com respostas de sim ou não diretamente relacionadas ao peso de cada feição, onde no somatório total das feições observadas teremos um valor entre 0 e 50, onde 50 é o risco mais alto possível e 0 não há nenhum risco (Tabela 1).

FEIÇÕES OBSERVADAS	PESO DAS FEIÇÕES
RASTEJOS	4
TRINCAS	4
RACHADURAS	4
ABATIMENTO	4
DECLIVIDADE ELEVADA	3
PEDRAS SOLTAS A MONTANTE	3
ÁREA RURAL	2
SURGÊNCIA DE ÁGUA	3
EDIFICAÇÃO COMPROMETIDA	5
RISCO A VIDA	5
ÁREA SUJEITA A ALAGAMENTOS	5
ROCHAS ALTERADAS E FRATURADAS	2
DESLIZAMENTOS MUITO PRÓXIMOS	3
VEGETAÇÃO PRESENTE	2
ESTRUTURAS DE CONTENÇÃO	1

CLASSIFICAÇÃO DE RISCO NO SOMATÓRIO TOTAL
MUITO BAIXO: 0 A 10

BAIXO: 11 A 20
MÉDIO: 21 A 30
ALTO: 31 A 40
MUITO ALTO: 41 A 50

Tabela 1 – Pesos atribuídos para cada feição encontrada e a classificação a partir do somatório total dos pesos das feições

A partir do método desenvolvido se aplicou a análise aos casos em que a defesa civil era demandada pelos munícipes que necessitavam de algum tipo de avaliação de risco. Esses dados foram compilados, revisados e comparados com os mapeamentos de risco do município e do Serviço Geológico do Brasil, de maneira a validar esses dados como coerentes com o que já foi trabalhado através de outras metodologias.

3. APLICAÇÃO DA METODOLOGIA

3.1 Localização das vistorias realizadas

A Figura 2 mostra o ponto de localização das vistorias realizadas em que se teve aplicação da metodologia descrita acima, as vistorias foram realizadas a partir da solicitação dos próprios moradores para avaliação de suas moradias.

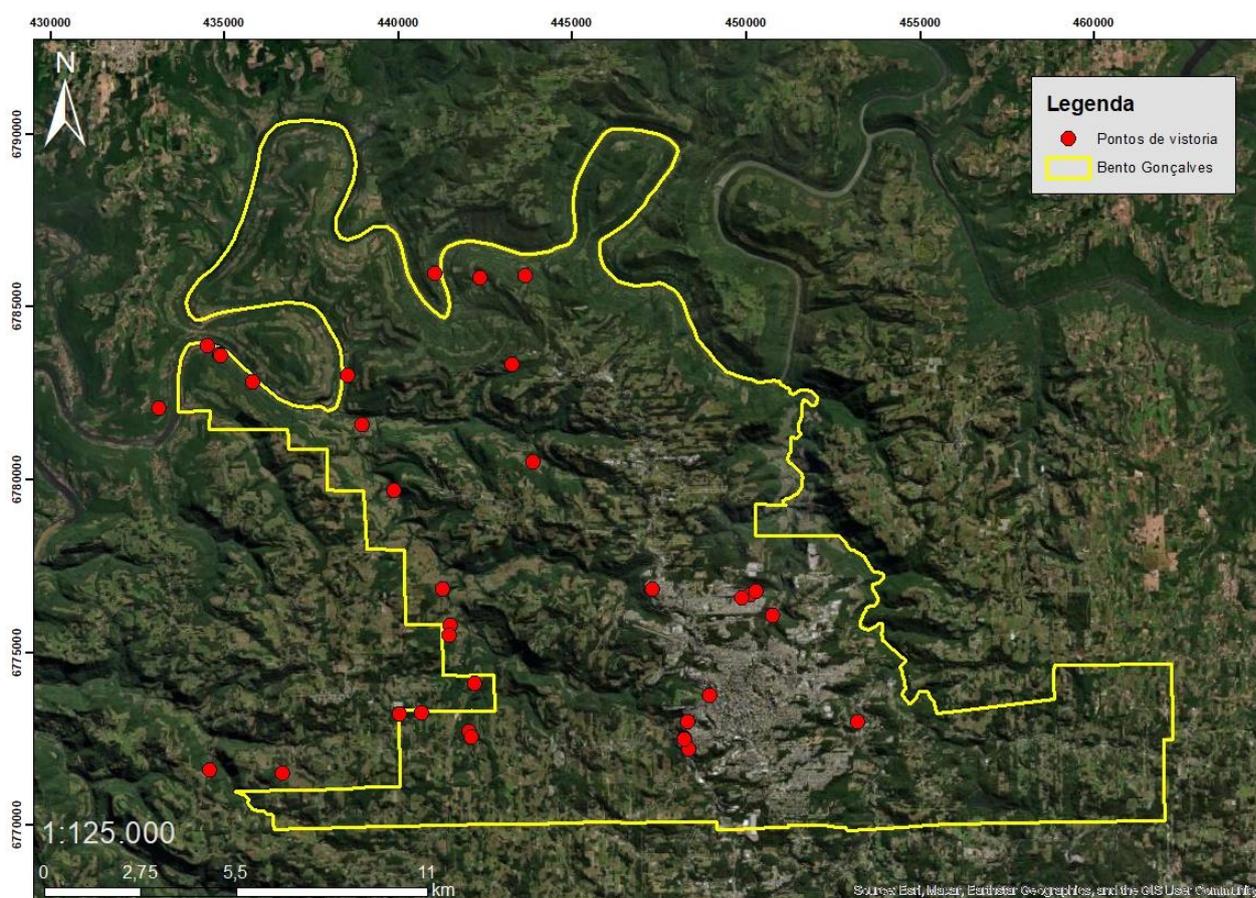


Figura 2 – Mapa de localização das vistorias realizadas no município de Bento Gonçalves/RS.

3.2 Análise estatística

Dos pontos de vistoria realizados e aplicados a metodologia proposta, temos 41 pontos com classificação de risco, onde 24 casos necessitariam de intervenção e 17 casos em que não ocorreu a intervenção (Tabela 2). Todos os gráficos apresentados a seguir tem como base a Tabela 2.

O gráfico da Figura 3 mostra a porcentagem da classificação de riscos para as vistorias realizadas, onde 37% foram classificados como "Alto", 32% como "Muito Alto", seguindo para 17% de classe "Média", e 7% para as classes "Baixo" e "Muito Baixo".

A Figura 4 retrata as os gráficos e suas porcentagens comparando os locais em que foram classificados de acordo com a intervenção necessária para a área. Com intervenção foram 75% das áreas estão entre "Muito Alto" e "Alto", sem intervenção foram apenas 33% estão nesses níveis de risco, com maior distribuição em "Baixo" e "Muito Abaixo".

Já o gráfico da Figura 5 mostra que as interdições foram concentradas em áreas de risco "Muito Alto" e "Alto", enquanto as áreas com risco "baixo" ou "muito baixo" são, em sua maioria, locais onde não houve interdição.

É importante salientar que nem toda vistoria classificada como risco "Muito Alto" e "Alto" necessariamente tem que ocorrer a interdição, pois os pesos atribuídos selecionam as interdições realmente necessárias, evitando movimentações em áreas que não há, principalmente, risco contra a vida humana.

RISCO ASSOCIADO \ INTERDIÇÃO	MUITO ALTO	ALTO	MÉDIO	BAIXO	MUITO BAIXO
SIM	12	12	6	0	0
NÃO	1	3	1	3	3

Tabela 2 – Resumo dos pontos de vistorias em que foi aplicado a metodologia

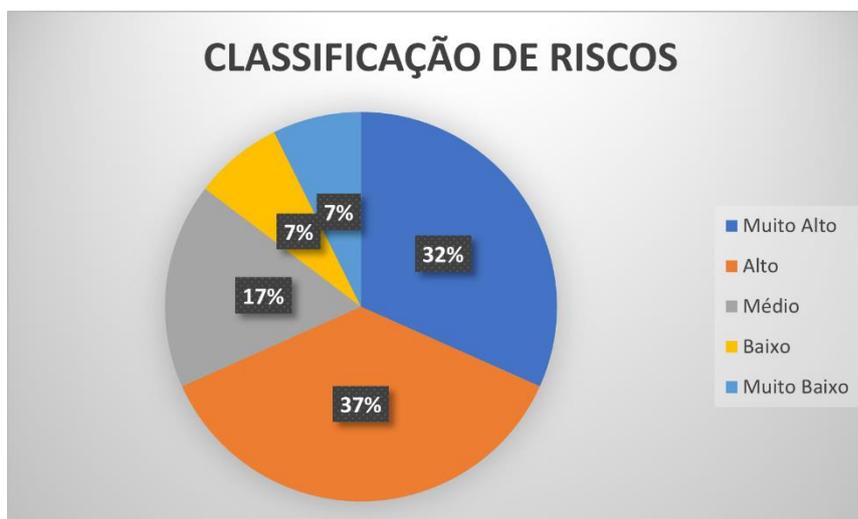


Figura 3 – Gráfico mostrando as classes de risco associadas.

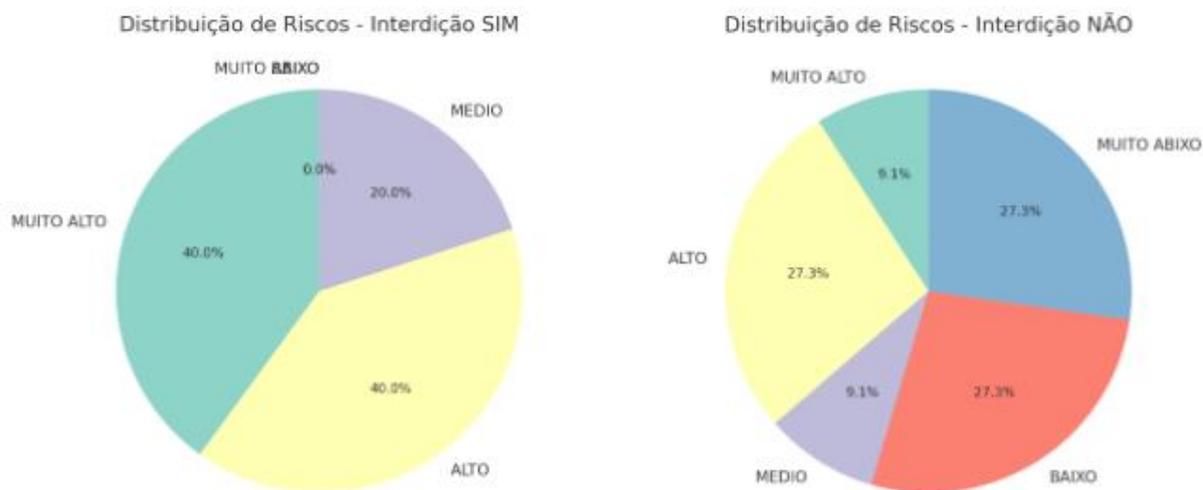


Figura 4 – Gráficos elaborados para áreas classificadas a partir da interdição ou não.

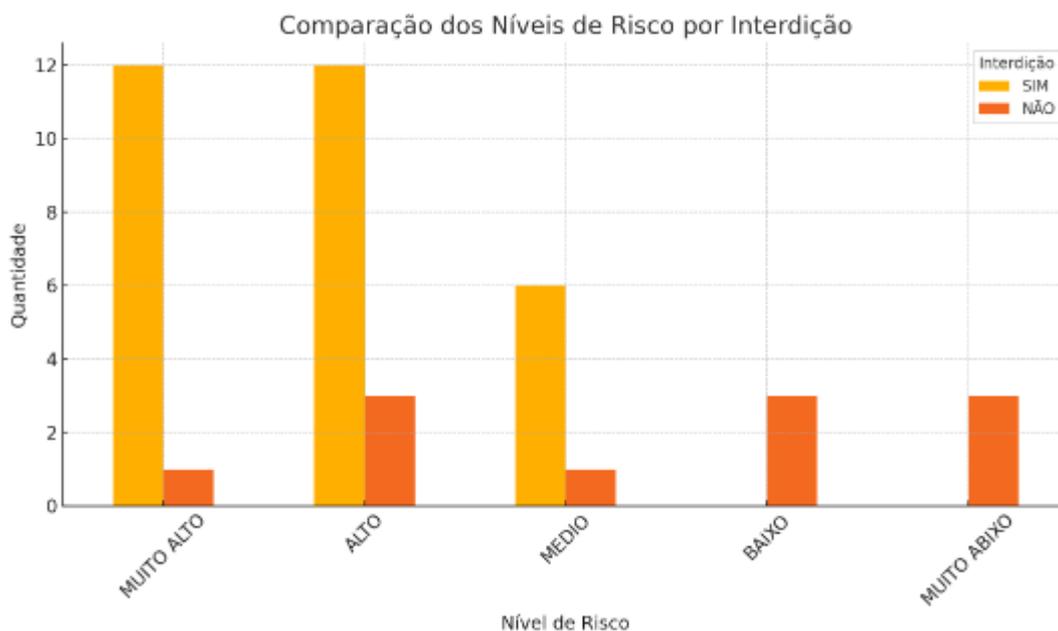


Figura 5 – Gráfico de comparação entre as interdições realizadas e os níveis de risco classificados.

4. COMPARAÇÃO DE MAPEAMENTOS DE RISCOS COM A METODOLOGIA APLICADA

A partir do banco de dados do Núcleo de Riscos Geológicos de Bento Gonçalves, criado devido aos deslizamentos ocorridos em todo o município em maio de 2024, se conseguiu delimitar a área mais suscetível de riscos geológicos. A Figura 6 mostra a relação em que grande parte dos pontos de vistoria estavam em locais que foram mapeados como áreas de risco, sendo assim mais uma comprovação da metodologia aplicada.

A SGB lançou em 2021 um mapeamento de áreas de riscos, intitulado “Carta de suscetibilidade a movimentos gravitacionais de massa e inundação: município de Bento Gonçalves” baseado na geologia, relevo, tipo de solo e a base cartográfica para o município de bento. Para este trabalho, foi utilizado a classe “movimentos de massa” subdividida em três classes: Baixa, Média e Alta. A Figura 7 retrata a sobreposição dos dados disponibilizados pela SGB em relação aos pontos de vistorias em que se aplicou a metodologia descrita aqui, é possível ver que as áreas classificadas como “Alta” podem se associar aos riscos “muito alto” e “alto” aplicados a partir das vistorias, bem como as áreas com classificação de risco baixo e muito baixo estão associadas a suscetibilidade baixa, isto se confirmou em 68% das amostras coletadas (Figura 8), ou seja, apesar de ter boa acuracidade do método ainda é necessário aferir o método quando comparado a outras metodologias já validadas.

Por outro lado, temos que ponderar que os outros métodos que foram comparados ao aplicado neste trabalho, são métodos mais regionais que trabalham em escalas 1:50.000 ou mais, enquanto o método proposto trabalha exclusivamente em escala de detalhe, no entanto, na falta de um mapeamento de detalhe para a comparação, se utilizou estes mapeamentos regionais para uma validação prévia do método.

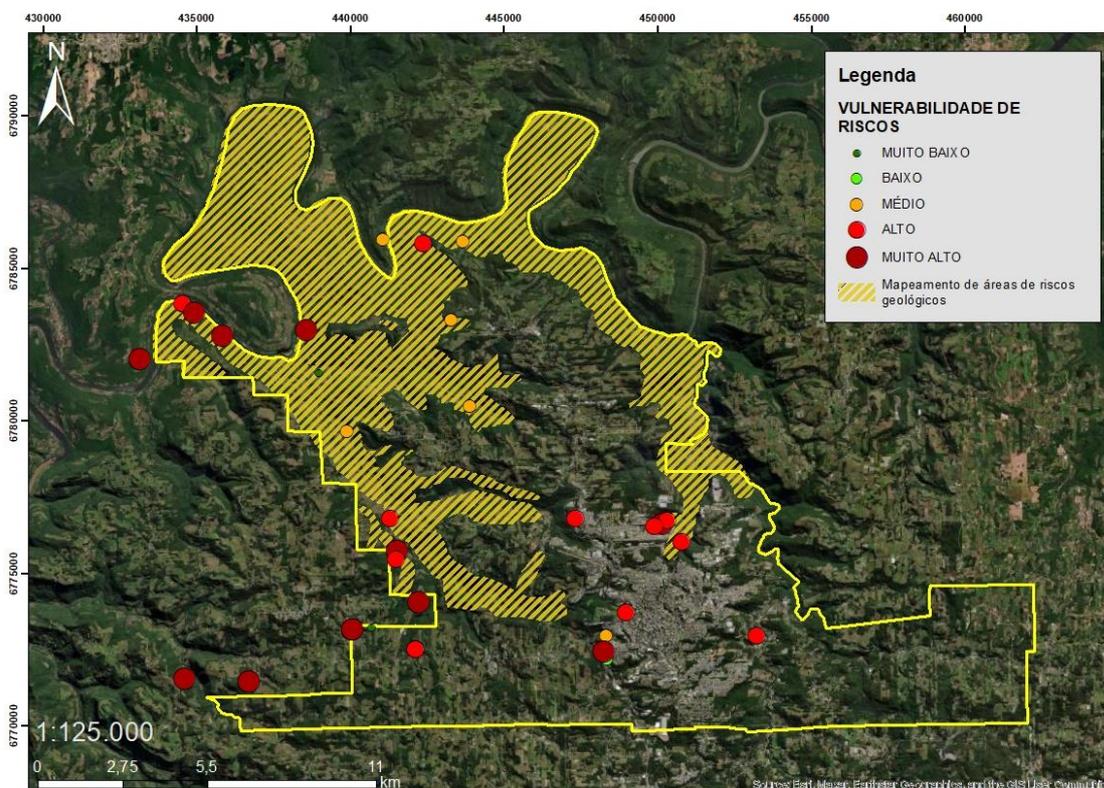


Figura 6 – Sobreposição das área de risco geológico mapeada pelo Núcleo de Riscos Geológicos de Bento Gonçalves em relação aos pontos de vistoria e sua vulnerabilidade associada.

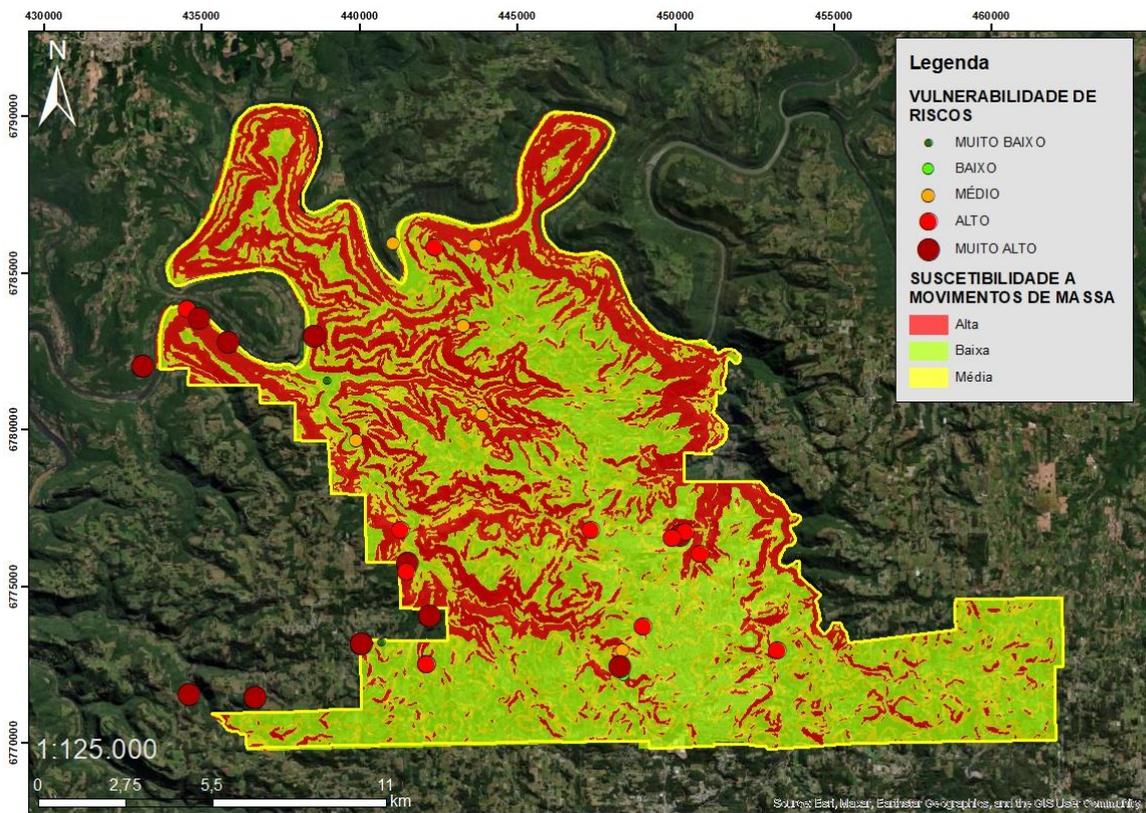


Figura 7 – Sobreposição do mapeamento realizado pela SGB (2021) com os pontos de vistorias e a vulnerabilidade dos riscos geológicos associada.



Figura 8 – Gráfico que mostra a resposta da comparação entre a classificação de riscos pela metodologia proposta e o mapa de suscetibilidade da SGB.

5. LIMITAÇÕES DO MÉTODO

Apesar dos resultados positivos obtidos, a metodologia proposta apresenta algumas limitações que devem ser consideradas. A principal delas refere-se à subjetividade na identificação e avaliação das feições de risco. A experiência e formação do profissional responsável pela vistoria influenciam diretamente na atribuição dos pesos, o que pode gerar variações nos resultados.

Além disso, o método não incorpora dados meteorológicos em tempo real, como intensidade e volume de chuvas recentes, que são cruciais para uma avaliação dinâmica do risco. A ausência desses dados pode comprometer a precisão em situações críticas. Outro aspecto é a limitação da escala de aplicação: o método opera em nível local, sendo ideal para vistorias de campo pontuais, mas não substitui os mapeamentos regionais de suscetibilidade. Portanto, sua aplicação deve ser complementar às ferramentas já existentes.

Essas limitações não invalidam o método, mas ressaltam a importância de seu uso consciente e contextualizado.

6. APRIMORAMENTOS FUTUROS DA METODOLOGIA

Com base nas limitações identificadas, propõem-se diversas melhorias para o aprimoramento e ampliação da metodologia. A primeira é a integração com plataformas de dados meteorológicos e hidrológicos, como os sistemas do INMET e da ANA, possibilitando o cruzamento entre feições observadas e eventos de chuva recentes ou acumulados. Isso aumentaria a sensibilidade do método frente a eventos extremos.

Outra proposta é a digitalização da planilha, transformando-a em um aplicativo com interface amigável e georreferenciada. Isso permitiria o registro de vistorias diretamente em campo, com banco de dados unificado e integração com sistemas de alerta precoce.

Além disso, é essencial desenvolver um protocolo de capacitação padronizada para os técnicos das Defesas Civas, reduzindo a subjetividade na aplicação da metodologia. Por fim, recomenda-se testar o método em diferentes contextos geológicos e climáticos do país, de modo a adaptá-lo e validá-lo como ferramenta auxiliar de gestão de riscos em âmbito nacional.

7. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A metodologia desenvolvida demonstrou ser uma ferramenta eficaz para a avaliação rápida e objetiva de riscos geológicos em áreas afetadas por deslizamentos. Sua aplicação no município de Bento Gonçalves/RS, após os eventos de maio de 2024, permitiu identificar com precisão os pontos mais críticos, otimizando a resposta da Defesa Civil e subsidiando decisões técnicas com base em critérios padronizados.

A comparação com os mapeamentos existentes confirmou a boa acurácia do método, que, mesmo operando em escala de detalhe, apresentou forte correlação com áreas previamente classificadas como suscetíveis. Sua simplicidade operacional torna-o ideal para cenários emergenciais e de alta demanda.

No entanto, seu uso deve ser aliado a outras ferramentas e metodologias, e sua evolução dependerá da integração com sistemas de informação, capacitação continuada e validação em diferentes realidades. Acredita-se que, com os aprimoramentos sugeridos, o método possa se consolidar como referência para ações de prevenção e resposta em georiscos no Brasil.

REFERÊNCIAS

ABGE – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE GEOLOGIA DE ENGENHARIA E AMBIENTAL. Geologia de engenharia. 2. ed. São Paulo: Oficina de Textos, 2010. 472 p

CAVALCANTI, M. M. *Estabilização de encostas com proteção superficial e drenagem superficial e profunda*. Monografia (Graduação em Engenharia Civil) – Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2017.

CPRM – SERVIÇO GEOLÓGICO DO BRASIL. *Mapa Geológico do Estado do Rio Grande do Sul*. Porto Alegre, 2012. Escala 1:750.000.

INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA (INMET). *Dados pluviométricos históricos e recentes para o município de Bento Gonçalves - RS*. Disponível em: <https://www.inmet.gov.br>. Acesso em: abr. 2025.

FERREIRA, D. R. et al. *Tendência do aumento de chuvas e suas implicações na estabilidade de encostas no sul de Santa Catarina*. Revista TecnoAmbiente, v. 21, n. 1, p. 45-56, 2019. Disponível em: <https://periodicos.unesc.net/ojs/index.php/tecnoambiente/article/view/5408>. Acesso em: 11 abr. 2025.

LAMBERTY, Débora; FRANZEN, Melissa. *Carta de suscetibilidade a movimentos gravitacionais de massa e inundação: município de Bento Gonçalves, RS*. [S.l.]: CPRM, mar. 2021. Disponível em: <https://rigeo.sgb.gov.br/handle/doc/22182>. Acesso em: 22 abr. 2025.

MILANI, E. J. *Evolução tectono-estratigráfica da Bacia do Paraná e seu relacionamento com a geodinâmica fanerozoica do Gondwana Sul-Occidental*. 2007. 255 f. Tese (Doutorado em Geociências) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2007.

WILDNER, W. et al. *Projeto Geologia do Brasil: Mapeamento Geológico da Folha Caxias do Sul (SG.22-Z-C-II)*. Porto Alegre: CPRM – Serviço Geológico do Brasil, 2014. 148 p. Escala 1:100.000.

SOUZA, D. C.; VIEIRA, B. C.; PINTO, L. F. G. Deslizamentos induzidos por chuvas no Brasil: causas, impactos e estratégias de mitigação. *Revista Brasileira de Geomorfologia*, v. 19, n. 4, p. 811-829, 2018.

TUCCI, C. E. M. Hidrologia: ciência e aplicação. 5. ed. Porto Alegre: Editora da UFRGS, 2018. 943 p.

ZUQUETTE, L. V.; REIS, F. A. G. Geotecnia ambiental aplicada a áreas de risco geológico. *Geociências*, v. 36, n. 2, p. 255-272, 2017.