

## DISTRIBUIÇÃO DE INTERVENÇÕES GEOTÉCNICAS ESTRUTURAIS NA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO QUITANDINHA, PETRÓPOLIS (RJ)

Ayrton MANSO <sup>1</sup>; Hugo PORTOCARRERO <sup>2</sup>; Francisco DOURADO <sup>3</sup>; Renan BRITO<sup>4</sup>

**Resumo** – O presente estudo teve como objetivo realizar uma análise espacial da distribuição de diferentes intervenções geotécnicas estruturais ao longo da bacia hidrográfica do rio Quitandinha no município de Petrópolis, estado do Rio de Janeiro. Foram consideradas intervenções geotécnicas as feições antrópicas impostas à paisagem com o propósito de contenção e estabilização dos terrenos, maciços e encostas, tenham sido elas projetadas e executadas pelo poder público ou por particulares. Os resultados apontaram um predomínio de intervenções baseadas em técnicas e princípios da engenharia civil tradicional em detrimento às de Bioengenharia, ou Engenharia Natural. Os bairros Centro, Alto da Serra, Quitandinha e Coronel Veiga foram aqueles com maior densidade de intervenções por km<sup>2</sup>, muitas delas ocorrendo com poucos metros de distância entre si. A sobreposição dos pontos com as áreas de risco a inundação mapeadas em 2016 e as áreas com risco remanescente a deslizamentos derivados dos eventos da tragédia de 2022 evidenciam que a disposição das intervenções geotécnicas tende a ser orientada em função dos perigos inerentes a estas localidades.

**Abstract** – The present study aimed to conduct a spatial analysis of the distribution of different structural geotechnical interventions throughout the Quitandinha River basin in the municipality of Petrópolis, in the state of Rio de Janeiro. Geotechnical interventions were considered to be anthropic features imposed on the landscape with the purpose of containing and stabilizing terrain, soil masses, and slopes, whether designed and executed by public authorities or by private individuals. The results indicated a predominance of interventions based on conventional civil engineering techniques and principles, to the detriment of those associated with Bioengineering or Natural Engineering. The neighborhoods of Centro, Alto da Serra, Quitandinha, and Coronel Veiga registered the highest density of interventions per square kilometer, many of which are located just a few meters apart. The overlay of intervention points with flood risk areas mapped in 2016 and with residual landslide risk zones derived from the 2022 disaster events reveals that the spatial distribution of geotechnical interventions tends to be guided by the specific hazards inherent to these localities.

**Palavras-Chave** – Intervenções Geotécnicas; Georreferenciamento; Obras de contenção.

---

<sup>1</sup> Geógrafo, Doutorando em Geociências, Universidade do Estado do Rio de Janeiro, (21) 96838-1432, ayrtongeo@gmail.com

<sup>2</sup> Geógrafo, Doutor em Engenharia Civil, Universidade do Estado do Rio de Janeiro, (21) 99786-5539, hportocarrero@gmail.com

<sup>3</sup> Geólogo, Doutor em Geociências, Universidade do Estado do Rio de Janeiro, (21) 99858-9876, fdourado@cepedes.uerj.br

<sup>4</sup> Graduando em Geografia, Universidade do Estado do Rio de Janeiro, (21) 99916-5320, renanbrito198@outlook.com

## 1. INTRODUÇÃO

A bacia hidrográfica do rio Quitandinha, situada no primeiro distrito do município de Petrópolis, região serrana do estado do Rio de Janeiro tem historicamente enfrentado desafios relacionados à intensidade da sua dinâmica hidrológica, geológica e geomorfológica. Os volumes elevados de chuva são o principal fator responsável por potencializar a magnitude e a frequência dos processos morfogenéticos.

A intervenção sistemática sobre a natureza, em seus componentes ambientais, incluindo o relevo e suas diferentes formas, frente às necessidades do ser humano para condução de suas atividades sociais e econômicas não é uma novidade introduzida pelas atuais intervenções geotécnicas presentes no contexto da paisagem urbana e rural contemporânea. A demanda pelo uso de recursos naturais para manutenção da vida, a apropriação do espaço para ocupação e distribuição de empreendimentos e outros elementos foram também, no passado, a força motriz para o desenvolvimento de soluções que possibilitassem o convívio humano diante da ação dos processos morfodinâmicos sobre a superfície terrestre.

Segundo Marques (2021), a percepção do relevo e de suas formas a muito é concebida pelo homem, sendo componentes da natureza ao qual o ser humano tem conferido grande importância no sentido de assentar moradias, estabelecer caminhos de locomoção, limitar seus domínios etc. Além disso, também, o ser humano tem buscando compreender a dinâmica dos processos atuantes no modelado da paisagem, sendo em muitas ocasiões agente ativo no controle destes, criando e destruindo formas.

Ainda de acordo com Marques (2021), a medida em que o homem aumenta sua relação com as formas de relevo, e, com os processos geomorfológicos, ao ocupar e transformar lugares outrora “naturais” em áreas urbanas, mais é necessário a compensação dos componentes ambientais suprimidos. Para Barros, L. (2020), o uso e apropriação dos recursos naturais pelos humanos está diretamente ligada aos desastres naturais.

Nesse sentido, Barros, P. (2005) ressalta que as estruturas de contenção ou de arrimo têm sido adotadas desde a pré-história humana em diferentes situações, na adequação ou melhoria de terrenos para seu uso e ocupação, fornecendo suporte à estabilização dos maciços de terra e de rocha. De acordo com Barros, L. (2020), os avanços tecnológicos permitem hoje que a humanidade enfrente melhor os perigos decorrentes dos fenômenos naturais.

Na Região Serrana do Rio de Janeiro, uma maior frequência de eventos extremos pode estar ligada ao cenário de mudanças climáticas, ampliando a intensidade dos processos morfodinâmicos. Nesse contexto, o levantamento da distribuição espacial das intervenções estruturais e a compreensão das suas respectivas escalas de atuação no âmbito de uma bacia hidrográfica podem auxiliar a identificar áreas que ainda não foram contempladas com algum tipo de medida de prevenção ou mitigação frente a estes fenômenos extremos. Além disso, a diminuição de perdas humanas também depende de ações proativas, como o mapeamento rigoroso de áreas suscetíveis a risco geológico e a implementação de programas educativos que informem a população sobre os riscos inerentes às chuvas intensas e à instabilidade de encostas (Dourado; Arraes; Silva, 2012).

Portanto, o objetivo deste trabalho foi realizar o mapeamento e georreferenciamento das intervenções geotécnicas estruturais identificadas na bacia hidrográfica do rio Quitandinha. Trata-se de uma etapa crucial para que seja traçado um panorama acerca das principais soluções adotadas, possibilitando uma melhor compreensão do contexto em que cada uma delas é empregado, onde e quem são assistidos por elas, quais tipos de interação com a paisagem estão sendo gerados.

## 2. CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA ESTUDADA

O município de Petrópolis encontra-se localizado na região serrana do estado do Rio de Janeiro nas coordenadas 22° 30' 17" S e 43° 10' 21" O, a uma altitude média de 838 metros em relação ao nível do mar. De acordo com os dados mais recentes do IBGE (2022), abriga uma população estimada em 278.881 habitantes. A bacia hidrográfica do rio Quitandinha situada no primeiro distrito de Petrópolis, em sua porção sul, compõe o conjunto de bacias hidrográficas da Região Hidrográfica IV (RH IV) do estado. Possui uma extensão de aproximadamente 23 km<sup>2</sup>, e tem como principal afluente o rio Palatinato (Palanado; Palatino) que nasce a leste da bacia. O rio Quitandinha é afluente do rio Piabanha, o qual é tributário do rio Paraíba do Sul no seu médio curso.

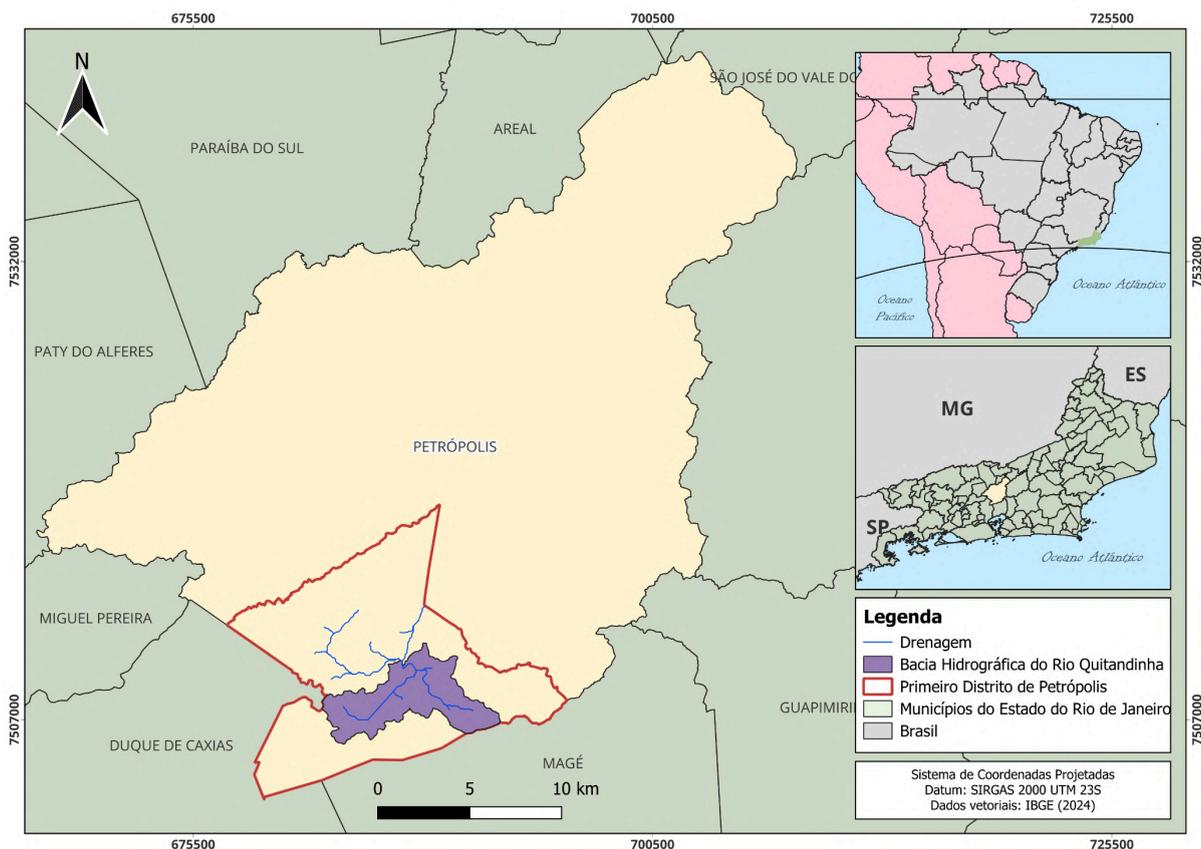


Figura 1. Localização da área de estudo.

A bacia do rio Quitandinha, insere-se em um ambiente montanhoso onde as feições geomorfológicas são marcadas por declividades elevadas, escarpas, rampas coluviais e vales estreitos. Segundo Pelech; Peixoto (2021), a bacia encontra-se em uma área de clima tropical de altitude, com totais pluviométricos que podem ultrapassar os 2.500 mm anuais, especialmente nos setores mais elevados. A cobertura vegetal é composta majoritariamente por remanescentes secundários de Mata Atlântica, com predomínio de vegetação em estágios iniciais de regeneração.

Na área urbana, observa-se forte intervenção antrópica sobre os canais, o que inclui retificações, canalizações e confinamentos por vias públicas. Isso resulta em uma desconexão entre os rios e suas planícies de inundação, comprometendo as funções hidrossedimentológicas naturais e a dinâmica ecológica dos cursos d'água. A presença de rodovias e edificações ao longo do vale reduz a área de amortecimento de cheias e aumenta a vulnerabilidade da população aos eventos hidrológicos extremos, especialmente em épocas de alta pluviosidade. Essa ocupação historicamente consolidada nas feições de planícies e rampas coluviais também contribui para a intensificação dos processos erosivos e dos riscos geotécnicos na bacia.

### 3. MAPEAMENTO E GEORREFERENCIAMENTO DAS INTERVENÇÕES

O georreferenciamento das intervenções geotécnicas ao longo da bacia hidrográfica do rio Quitandinha foi realizado através de uma série de campanhas de levantamento de campo durante o mês de janeiro de 2025. A aquisição dos dados espaciais foi executada utilizando o aplicativo UTM Geo Map (versão 4.2.90), permitindo a coleta precisa das coordenadas geográficas das feições geotécnicas identificadas. Cada intervenção foi registrada e georreferenciada com base no sistema de coordenadas UTM Datum SIRGAS 2000 23S, garantindo a compatibilidade com análises geoespaciais subsequentes. A (Figura 2) ilustra a plotagem dos pontos através da interface do aplicativo, já a (Figura 3) mostra a espacialização destes pontos em ambiente SIG.

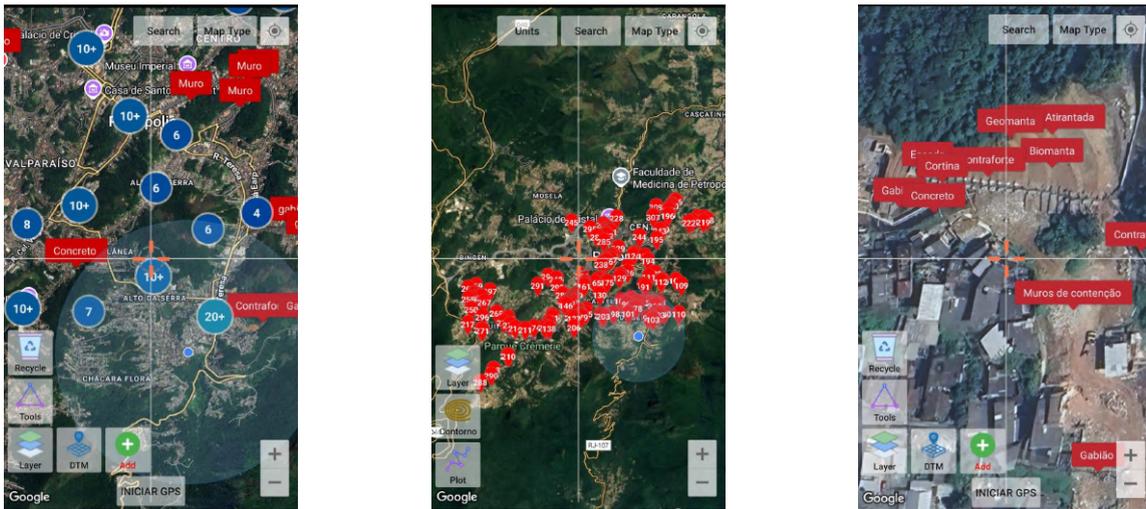


Figura 2. Interface do aplicativo de navegação e georreferenciamento UTM Geo Map.

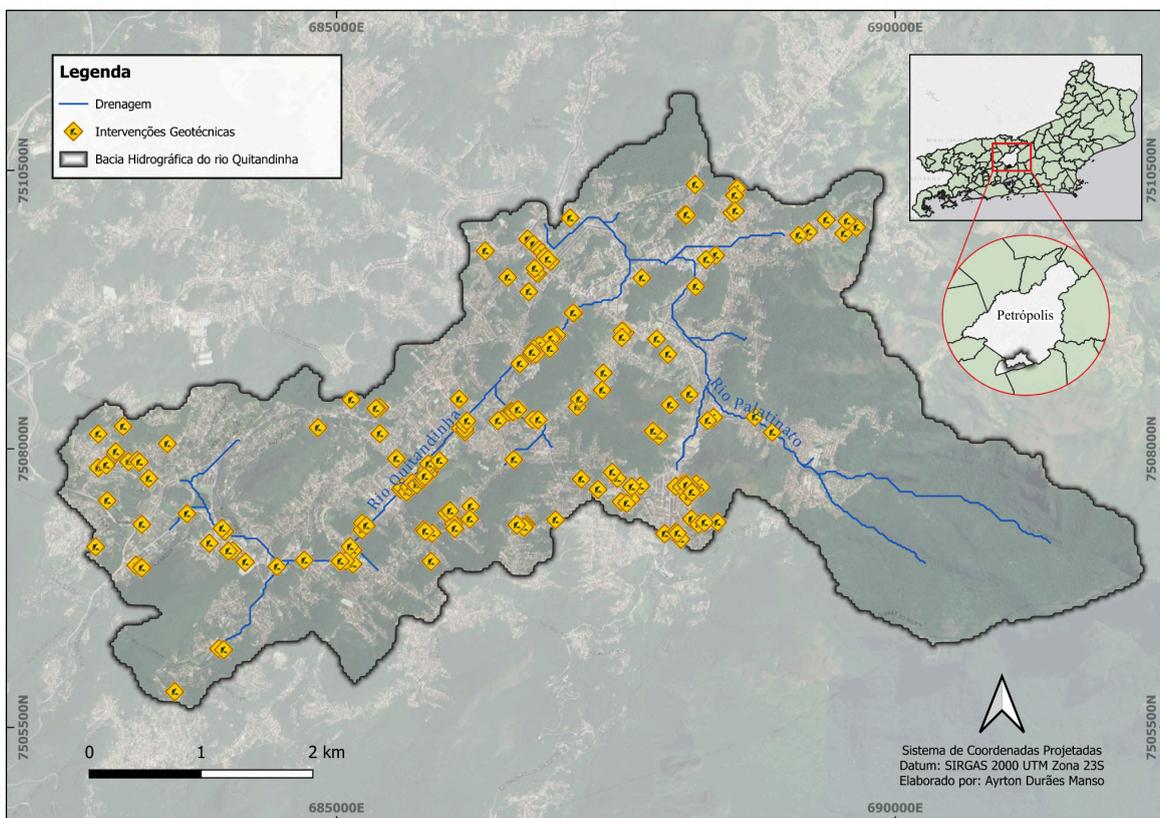


Figura 3. Distribuição das intervenções geotécnicas.

#### 4. ANÁLISE QUALI-QUANTITATIVA DAS INTERVENÇÕES MAPEADAS

Ao total foram identificados 204 tipos de intervenções ao longo da área de estudo (Figura 4), havendo uma maior concentração nos bairros do Centro, Alto da Serra, Coronel Veiga e Quitandinha. Dentre as soluções, os muros de arrimo com gabião foram empregados nos mais diferentes contextos, desde a composição de escadas e rampas das servidões, a contenção das margens dos rios Quitandinha e Palatinato e a base de diversos maciços.

Por serem estruturas flexíveis e permeáveis, formadas por materiais deformáveis, tem grande potencial em se adaptar às acomodações e movimentos do terreno, sem perder sua estabilidade e eficiência. De acordo com Gerscovich; Danziger; Saramago (2016), os muros de gabiões são constituídos por gaiolas metálicas preenchidas com pedras arrumadas manualmente e construídas com fios de aço galvanizados em malha hexagonal com dupla torção.

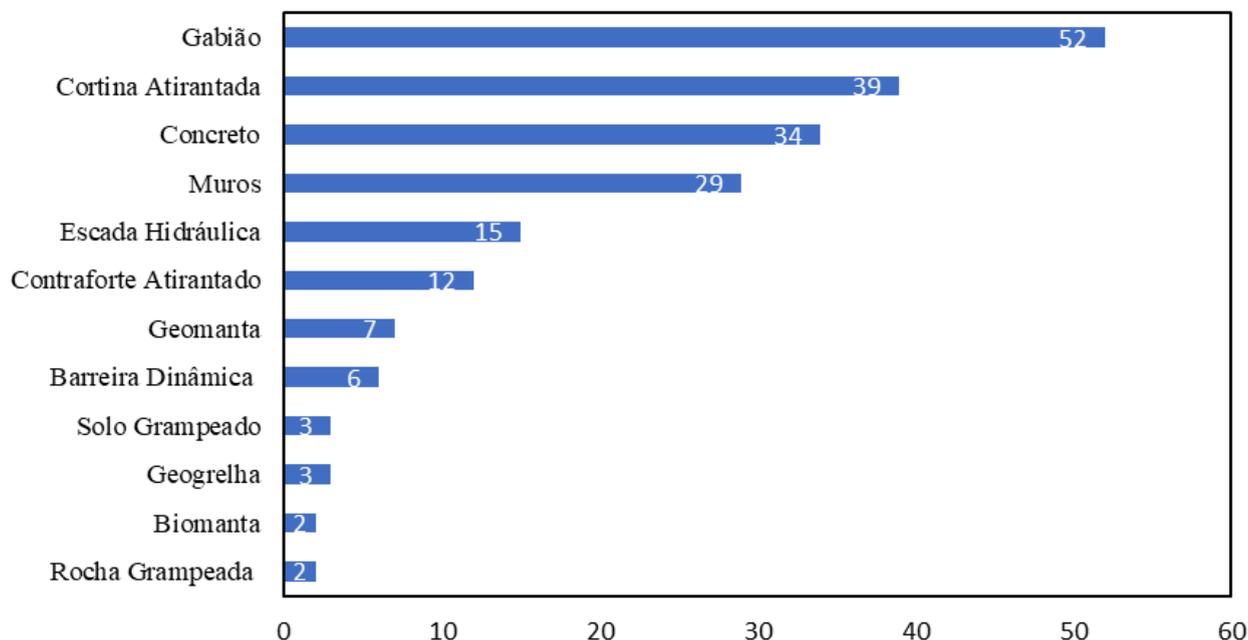


Figura 4. Tipo de intervenção adotada.

Em contrapartida, as cortinas atirantadas combinam uma parede de concreto armado, normalmente com espessura entre 20 cm e 40 cm, e tirantes inclinados entre 15° e 30°, ancorados em camadas de solo estável, garantindo a resistência ao empuxo lateral do maciço de terra e evitando movimentos indesejados (Gerscovich; Danziger; Saramago, 2016).

A maior parte das aplicações envolvendo concreto foi observada no interior de propriedades privadas que possuíam uma das faces do seu terreno voltadas para algum tipo de maciço, seja ele de terra ou rocha. Sendo portanto uma estratégia adotada para imobilizar os materiais subjacentes à espessa camada de cimento. Nesse sentido, podemos destacar a predominância de métodos que têm elementos artificiais como concreto e o aço como solução em detrimento de Soluções Baseadas na Natureza (SbN). Nessa estratégia em particular, o concreto contribui para o aumento de superfícies impermeabilizadas na bacia hidrográfica.

De acordo com Rocha *et al.*, (2024), a paisagem “cinza”, consegue trazer a sensação de segurança para muitos que a veem. Para as autoras, as contenções são interpretadas como “saídas e enfrentamento ao desastre em uma realidade já posta, que também está associada à ocupação de áreas vulneráveis ao risco e ao déficit habitacional.” Muitas das vezes em um cenário de enfrentamento que também é contra o “verde”, deixando de lado a questão da

permeabilidade das águas da chuva e o aumento da velocidade destas quando na interação das superfícies concretadas. Algumas das intervenções são ilustradas na (Figura 5).

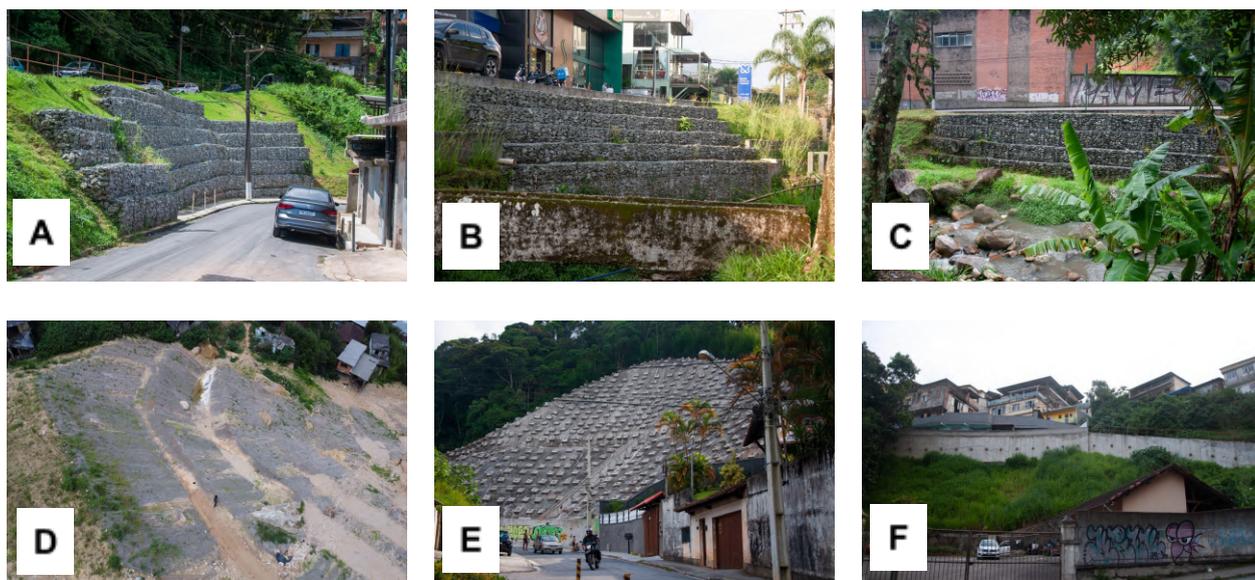


Figura 5. Diferentes intervenções adotadas. (A) Muro Gabião no bairro Morin; (B) Muro Gabião às margens do rio Quitandinha (Coronel Veiga); (C) Muro Gabião às margens do rio Palatinato (Morin); (D) Biomanta no Morro da Oficina (Alto da Serra); (E) Solo Grampeado no bairro Castelânea; (F) Cortina Atirantada no bairro Castelânea.

Além dos Muros de Gabião, foram identificados outros 29 tipos de muros, em sua maioria em concreto. De acordo com Gerscovich; Danziger; Saramago (2016), podemos entender por muros as estruturas de contenção de parede vertical ou quase vertical apoiadas em uma fundação rasa ou profunda. A (Figura 6) ilustra a concentração de intervenções por bairro.

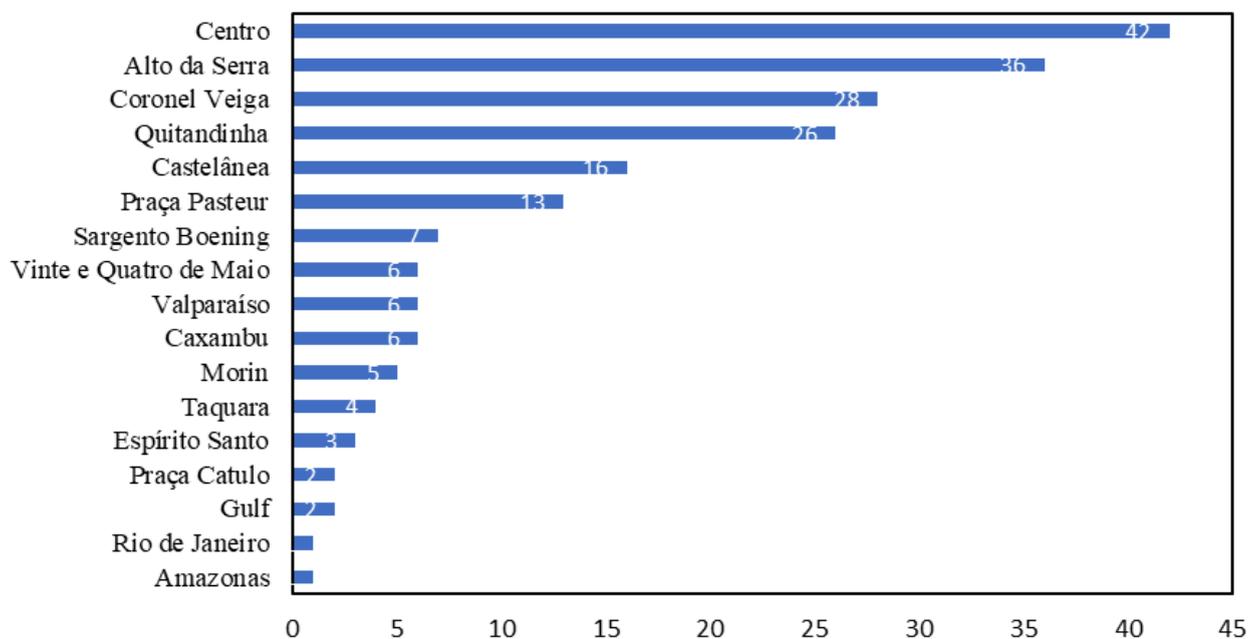


Figura 6. Total de intervenções identificadas por bairro.

Embora quase não encontradas na área, as técnicas de bioengenharia de solos têm como diferencial a abordagem sustentável, possibilitando a substituição de soluções tradicionais de engenharia civil para o controle de erosão, estabilização de terrenos e recuperação de áreas degradadas (Andrade; Portocarrero; Chavez, 2023).

A (Figura 7) mostra a concentração das intervenções nos bairros da bacia hidrográfica do rio Quitandinha. As (Figuras 8 e 9) mostram respectivamente a relação entre as intervenções e o mapeamento de risco a inundações realizado publicado pelo CPRM em 2016 e as áreas de risco remanescente após os eventos de 2022 mapeados pelo DRM em conjunto a outras instituições.

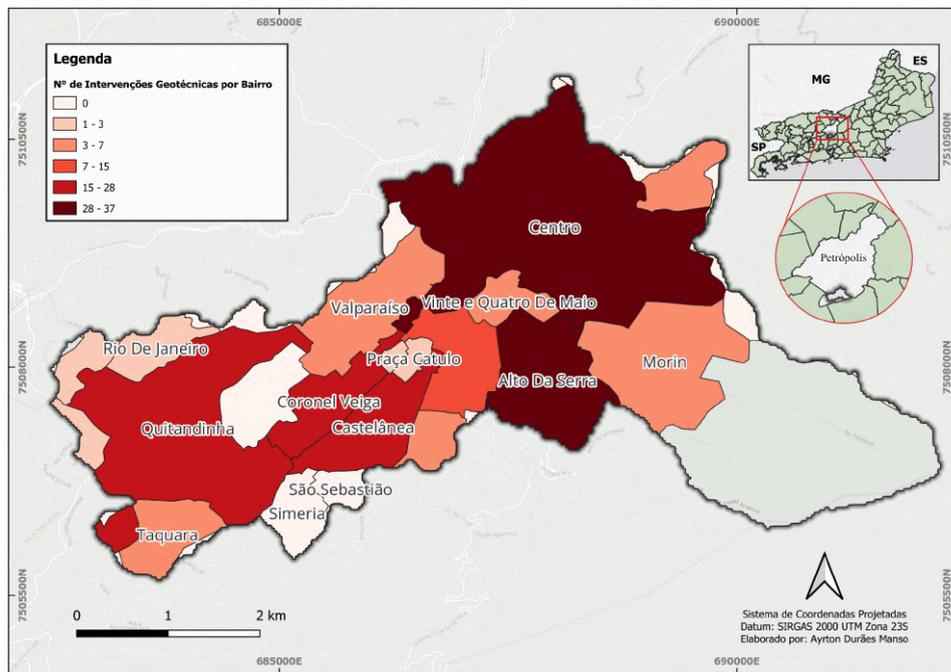


Figura 7. Concentração das intervenções por bairro.

Esse padrão confirma que as obras não estão distribuídas de forma homogênea, mas com uma tendência a se concentrarem em setores de maior suscetibilidade, o que sugere priorização de recursos onde o risco se manifesta.

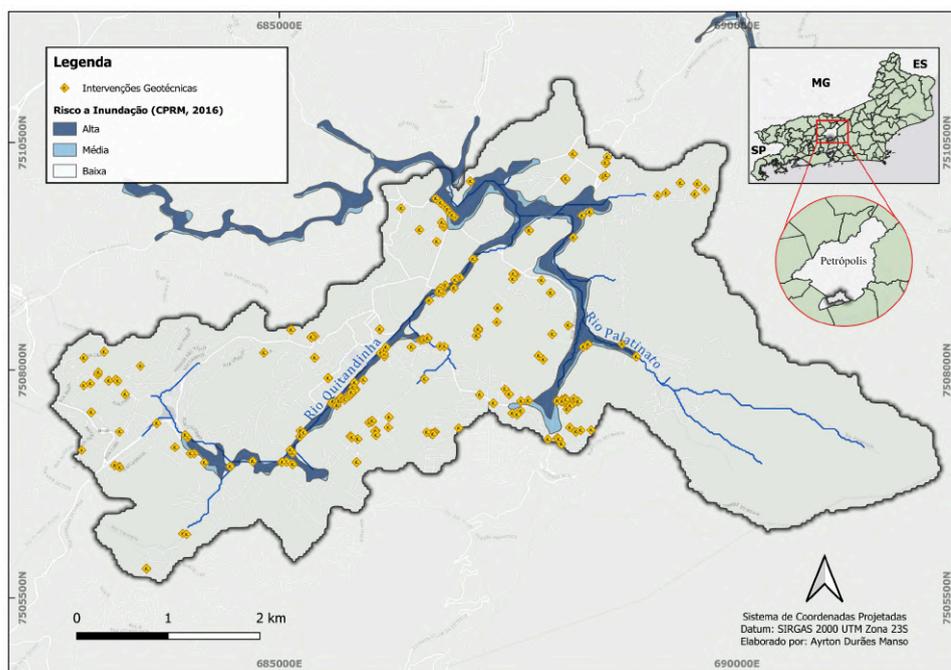


Figura 8. Distribuição das intervenções geotécnicas em relação às áreas de risco a inundações.

Observou-se que cerca de 39,7% das estruturas coincidem com áreas historicamente sujeitas a inundação, e 42,2% com áreas de risco remanescente a deslizamento de terra. Essas áreas coincidem com regiões de forte exposição aos processos hidrogeomorfológicos: no bairro Coronel Veiga, a canalização do rio Quitandinha e a urbanização em cotas baixas intensificam os riscos hidrológicos; no Alto da Serra, as intervenções tendem a se agrupar em encostas íngremes e com histórico recente de movimentos de massa, sobretudo no Morro da Oficina, localidade que recebeu um grande número de intervenções após o desastre ocorrido em 2022.

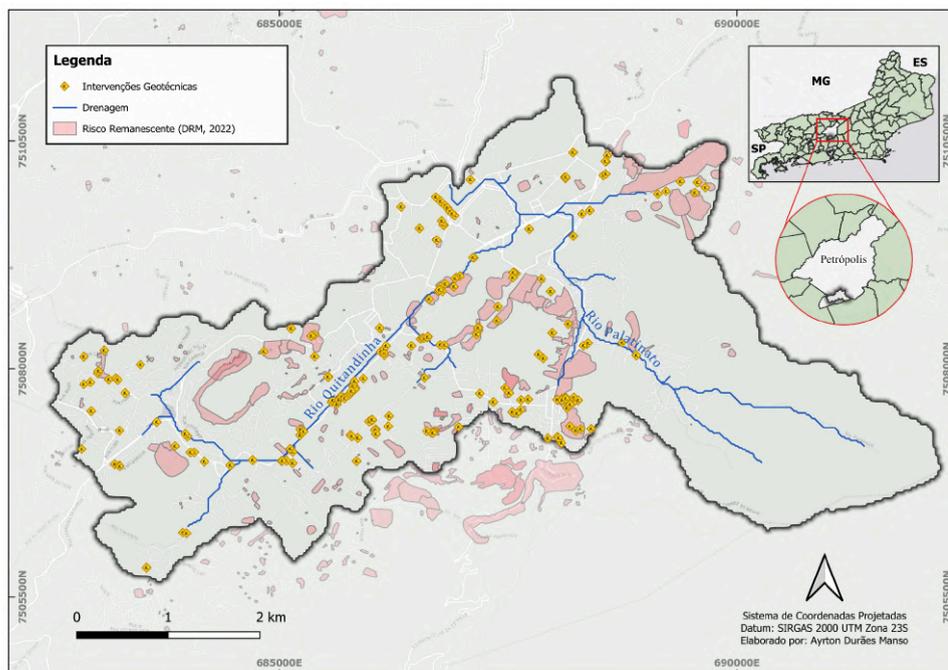


Figura 9. Distribuição das intervenções geotécnicas em relação às áreas de risco remanescente.

## 5. CONCLUSÕES

Os resultados indicam que a distribuição espacial das obras condizem com a localização das ameaças mapeadas, no entanto, este levantamento preliminar não permite ainda distinguir com precisão quais obras foram concebidas com caráter preventivo e quais resultam de ações reativas. A identificação dessa distinção requer uma análise mais aprofundada dos registros técnicos e cronológicos de execução das intervenções, a ser realizada na etapa posterior do estudo.

Com a condução dos trabalhos de campo foi possível constatar que algumas áreas consideradas de risco remanescente após o desastre de fevereiro 2022, seguem sem nenhum tipo de intervenção para prevenção de novos acidentes ou estabilização dos terrenos. Na rua Ceará, no bairro Quitandinha, por exemplo, taludes de considerável declividade encontram-se expostos oferecendo risco à população local. Formados por material coluvial e a presença de blocos de rocha de variados tamanhos, em alguns trechos ainda contam com as ruínas das moradias desocupadas, que aos poucos, vão mesclando-se com a vegetação que ocupa novamente esses espaços.

De acordo com Lima; Dutra; Strongylis (2022), a permanência dessas casas na paisagem podem ainda oferecer algum tipo de proteção a aquelas que não foram atingidas, entretanto, também mencionam que no movimento de massa ocorrido especificamente no Morro da Oficina em 2022, as casas incorporaram-se ao material transportado.

O emprego de técnicas de bioengenharia foi pouco percebido ao longo da bacia hidrográfica. Nas margens do rio Quitandinha pode-se afirmar a ausência completa deste tipo de

intervenção, tendo sido priorizado o amplo uso de gabiões, e, em alguns trechos, cortinas e grelhas atirantadas. Já o rio Palatinato, embora também não tenha apresentado este tipo de intervenção, se destaca pela predominância da margem vegetada no interior de sua seção, ao longo do trecho que corta o bairro Morin. Também se diferencia por possuir um leito com maior quantidade de grandes blocos de rocha, enquanto o rio Quitandinha apresenta maior fração arenosa em sua calha, e, eventuais bancos de areia em alguns trechos.

O emprego de biomantas foi notado nas obras emergenciais do Morro da Oficina, cobrindo a extensa área da cicatriz gerada pelo movimento de massa ao qual o local foi acometido, hoje em processo de reconformação do relevo por retaludamento. A vantagem das técnicas de bioengenharia nesse contexto em relação aos métodos tradicionais de contenção de taludes e processos erosivos, pode residir em seu caráter menos invasivo e mais ecológico. Essas intervenções utilizam a vegetação como principal elemento de estabilização, o que facilita a recuperação natural do solo e das encostas. Técnicas como a aplicação de biomantas e o plantio de vegetação em camadas ajudam a proteger o solo contra a erosão superficial e a melhorar a infiltração de água, reduzindo o escoamento e a carga de sedimentos que seguem das encostas para os sistemas de micro e macro drenagem urbanos.

Portanto, no contexto de distribuição desigual do espaço proposto pelo modelo de desenvolvimento predominante adotado no país, o qual influencia profundamente o acesso a cidade e a habitação, não há exatamente um direito de escolha do uso e ocupação do solo concedido à população, tão pouco uma avaliação da percepção de risco que as pessoas têm em relação a dinâmica da natureza atrelada ao lugar em que habitam, sendo este permitido ou não pelo poder público.

Por essa razão, estudos acerca da vulnerabilidade das comunidades não devem somente considerar as construções estruturais de contenção postas na paisagem, mas também as ações não estruturais que envolvem a educação ambiental, a defesa civil e o engajamento da população no reconhecimento dos perigos e dos riscos ao qual estão expostos.

## **AGRADECIMENTOS**

Os autores agradecem a CAPES pelo fomento à pesquisa.

## **REFERÊNCIAS**

ANDRADE, A. G. de; PORTOCARRERO, H.; CHAVEZ, T. de A. (2023). Bioengenharia de solos aplicada ao controle da erosão e a recuperação de áreas com alto nível de degradação. In: LOUREIRO, H. A. S.; GUERRA, A. J. T. (Orgs). Erosão em áreas tropicais. Rio de Janeiro: Interciência, cap. 5, p. 149-187.

BARROS, L. F. P. (2020). Noções de riscos de desastres hidrológicos. In: MAGALHÃES JUNIOR, A. P.; BARROS, L. F. P. (Orgs). Hidrogeomorfologia: Formas, Processos e registros sedimentares fluviais. Bertrand Brasil, 1. ed. Rio de Janeiro.

BARROS, P. L. A. (2005). Obras de contenção: manual técnico. Jundiaí - SP: Maccaferri, 219 p.

COMPANHIA DE PESQUISA DE RECURSOS MINERAIS – CPRM (2016). Mapa de Áreas Susceptíveis a Inundação da Bacia Hidrográfica do Rio Quitandinha, Petrópolis (RJ). Dados vetoriais, escala 1:25 000.

DEPARTAMENTO DE RECURSOS MINERAIS – DRM (2022). Mapa de Risco Remanescente a Deslizamentos na Bacia Hidrográfica do Rio Quitandinha, Petrópolis (RJ). Dados vetoriais, escala 1:10 000.

DOURADO, F.; ARRAES, T.C.; SILVA, M. F. (2012). O megadesastre da região Serrana do Rio de Janeiro—as causas do evento, os mecanismos dos movimentos de massa e a distribuição espacial dos investimentos de reconstrução no pós-desastre. *Anuário do Instituto de Geociências–UFRJ* 35:43–54.

GERSCOVICH, D.; DANZIGER, B. R.; SARAMAGO R. (2016). *Contenções: teoria e aplicações em obras*. 1ª edição, Oficina de Textos.

LIMA, I. F.; DUTRA, A. C. D.; STRONGYLIS, M. (2022). Desastre do Morro da Oficina, Petrópolis (fevereiro de 2022): causas, mecanismo de ruptura e ações emergenciais. *Anais do 17º Congresso Brasileiro de Geologia de Engenharia e Ambiental*.

MARQUES, J. S. (2021). *Ciência Geomorfológica*. In: GUERRA, A. J. T.; CUNHA, S. B. (Orgs). *Geomorfologia – uma atualização de bases e conceitos*. 15. ed. Bertrand Brasil, 15a edição.

PELECH, A. S.; PEIXOTO, M. N. O. (2021). Estilos fluviais da bacia hidrográfica do rio Quitandinha (Petrópolis, RJ): aplicação de uma classificação geomorfológica de rios em uma área montanhosa urbanizada. *Revista Brasileira de Geografia*, Rio de Janeiro, v. 66, n. 2, p. 35-74.

ROCHA, E.; BAUR, J.; COELHO, G.; DRACH, P. (2024). Petrópolis mais-que-humana: conspiradores ferais no Antropoceno serrano. *Revista de Arquitetura, Cidade e Contemporaneidade*, v. 8, n. 29, p. 317–333.