



RISCOS

territorium 31 (II), 2024, 5-20

journal homepage: <https://territorium.riscos.pt/numeros-publicados/>

DOI: https://doi.org/10.14195/1647-7723_31-2_1

Artigo científico / Scientific article



ANÁLISE DA FRAGILIDADE AMBIENTAL DO MUNICÍPIO DE NOVA FRIBURGO - RJ,
ATRAVÉS DA ABORDAGEM MORFODINÂMICA*

ANALYSIS OF THE ENVIRONMENTAL FRAGILITY OF THE MUNICIPALITY OF NOVA FRIBURGO - RJ,
THROUGH A MORPHODYNAMIC APPROACH

5

Rafaela Teixeira Paula

Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro (Brasil)
ORCID 0000-0001-9898-0040 rafaelatpaula@gmail.com

Marcelo Motta de Freitas

Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro (Brasil)
ORCID 0000-0002-2066-052X marcelomotta@puc-rio.br

Rafael da Silva Nunes

Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro (Brasil)
ORCID 0000-0003-2174-3105 rsngeo@puc-rio.br

Ana Cristina Malheiros Gonçalves Carvalho

Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro (Brasil)
ORCID 0000-0002-3956-057X anacris@puc-rio.br

RESUMO

O planejamento ambiental depende do correto entendimento do quadro geográfico local e regional. A elaboração de estudos analíticos, que possuem como foco a composição do estrato contribui para o planejamento. Assim, a fim de contribuir para um planejamento ambiental do município de Nova Friburgo - Rio de Janeiro, Brasil, pretende-se analisar a fragilidade ambiental da cidade, com base na concepção teórico-metodológica de Ross (1994). A produção da carta de fragilidade ambiental foi subsidiada pela correlação da declividade, forma de relevo, solos e ocupação e uso do solo. As classes de fragilidade ocupam as percentagens: muito baixa - 0,11 %; baixa - 12,5 %; média - 60,27 %; alta - 25,52 %; muito alta - 1,60 %. Chama a atenção a extensão das áreas consideradas de média e alta fragilidade. Esses valores mostram que, devido ao quadro físico existente, Nova Friburgo apresenta um grau de fragilidade ambiental importante, com alta energia morfodinâmica. Estudos que associam diferentes variáveis ambientais mostram uma visão integrada da paisagem e podem ser utilizadas para reconhecer áreas restritas às ocupações e atividades humanas.

Palavras-chave: Fragilidade, estrato, variáveis ambientais, energia morfodinâmica.

ABSTRACT

An environmental plan depends on the correct understanding of the local geographic context. The drafting of analytical studies that focus on the composition of the stratum contributes to planning. It is intended to analyse the environmental fragility of the municipality of Nova Friburgo - RJ, based on the theoretical-methodological conception of Ross (1994). The production of the environmental fragility map was supported by the correlation of slope, landform, soils, land use and vegetation cover. The fragility classes occupy the following percentages: very low - 0.11 %; low - 12.5 %; average - 60.27 %; high - 25.52 %; very high - 1.60 %. Attention is drawn to the extent of areas considered to be of medium and high fragility. These figures show that, due to the physical framework, Nova Friburgo presents a significant degree of environmental fragility, with high morphodynamic energy. Studies that associate different environmental variables show an integrated view of the landscape and can be used to recognize areas restricted to human occupations, activities, and natural areas that should be preserved.

Keywords: Fragility, stratum, environmental variables, morphodynamic energy.

* O texto deste artigo foi submetido em 13-06-2023, sujeito a revisão por pares a 14-06-2023 e aceite para publicação em 26-04-2024.

Este artigo é parte integrante da Revista *Territorium*, n.º 31 (II), 2024, © Riscos, ISSN: 0872-8941.

Introdução

A elaboração de um planeamento ambiental que indique à sociedade áreas mais seguras para ocupação e áreas propícias à instalação de atividades de baixo impacto, depende do correto entendimento do quadro geográfico local e regional. A elaboração de estudos analíticos, que possuem como foco a composição do estrato geográfico, que segundo Grigoriev (1968), corresponde a “[...] *uma estreita faixa compreendida entre a parte superior da litosfera e a baixa atmosfera, correspondendo ao ambiente que permite a existência do homem como ente biológico e social, bem como os demais elementos bióticos da natureza*” (Ross, 1994, p.64), é cada vez mais necessária e contribui para o conhecimento das correlações existentes entre os componentes desse estrato, auxiliando ainda na tomada de decisões voltadas, sobretudo, ao planeamento ambiental (Fierz e Ross, 2008).

De acordo com Tamanini (2008), o conceito de fragilidade ambiental refere-se à vulnerabilidade do ambiente a sofrer danos de qualquer natureza. Relaciona-se a fatores de desequilíbrio tanto naturais, como os causados pela dinâmica própria do ambiente, como em casos de declividades acentuadas e alta susceptibilidade à erosão do solo, quanto a desequilíbrios de origem antropogênica, como por exemplo pelo uso inadequado do solo e alterações nos cursos dos rios.

Para Cruz *et al.* (2003), a natureza é neutra: os desastres têm origem na relação da sociedade com processos de múltiplas origens, intencionais ou não. Segundo Tricart (1977), a ação humana é exercida em uma natureza mutante, que evolui segundo leis próprias de forma complexa. As interpretações não devem se limitar somente à descrição fisiográfica. Estudar a organização do espaço é entender e determinar como uma ação se insere na dinâmica natural. Através destes estudos pode-se corrigir aspectos desfavoráveis, facilitando a exploração dos recursos ecológicos que o meio oferece.

Jean Tricart é formulador da abordagem Ecodinâmica. Essa abordagem tem como uma das premissas avaliar os impactos das ações do homem sobre o ecossistema. A abordagem ecodinâmica considera conceitos importantes da ecologia, associando biologia e geografia. Segundo Tricart (1977), a ecologia estuda os seres vivos em suas relações com o ambiente. O homem participa ativamente dos ecossistemas em que vive, modificando-os, principalmente pela exploração dos recursos naturais. Os ecossistemas reagem exigindo algumas adaptações do homem e, de acordo com o autor, estabelecem-se sistemas naturais, que são a interação de um conjunto de elementos formados a partir de processos naturais, capazes de se manter em um equilíbrio dinâmico, sem a intervenção humana. O conceito de sistema traz um

conjunto de fenômenos que se processam através de fluxos de matéria e energia, que resultam em relações de dependência mútua entre os fenômenos.

Tricart (1977) estabelece uma classificação ecodinâmica do ambiente em meios estáveis, meios integrados e meios fortemente instáveis. Nos meios estáveis os processos mecânicos naturais atuam lentamente e com menor intensidade, fazendo com que a formação dos solos supere a erosão do material. Nos meios integrados, os fatores que determinam instabilidade aos ambientes se impõem de maneira concorrente sobre o mesmo espaço do que fatores que causam maior instabilidade. Nos meios fortemente instáveis há instabilidade e redução da cobertura vegetal causada pela remoção da base para o seu desenvolvimento (Tricart, 1977).

Baseado na teoria ecodinâmica de Tricart (1977), Ross (1992 e 1994) propõe uma metodologia para a análise da fragilidade dos ambientes naturais e antropizados aplicado ao planeamento territorial ambiental. Ross (1994) compreende que os estudos integrados de um território devem conter o entendimento da dinâmica de funcionamento do ambiente natural com ou sem as interferências antrópicas (Silveira e Cunha, 2010).

Desta forma, os autores sugerem um estudo integral da paisagem, o qual pode ser estabelecido a partir da análise de elementos como a declividade, as formas de relevo, os solos e a ocupação e uso do solo. A declividade do terreno, por exemplo, tem papel importante na definição da velocidade de escoamento superficial da água. Este atributo ambiental interfere no grau de infiltração da água, que é maior em relevos planos e menor em altos declives. Se tratando de taxa de erosão, quanto maior a declividade, maior é a capacidade da água para erodir a encosta (EMBRAPA, 2003). Estas características levaram Ross (1994) a classificar a declividade em 5 categorias hierárquicas que vão do muito fraco (para baixos declives) ao muito forte (para altas declividades). A fragilidade ambiental também está relacionada com as formas de relevo, intimamente associadas à declividade. Ross (1992) toma como base os índices morfométricos baseados no grau de entalhe dos canais fluviais e na dimensão interfluvial. A partir dessa matriz, estabelecem-se categorias de influência de muito fraca a muito forte (Ross 1994).

O conceito de solo, por sua vez, se estabelece como a coleção de corpos naturais que ocupam parte da superfície terrestre constituindo o meio natural para o desenvolvimento das plantas terrestres. É dotado de atributos resultantes da diversidade de efeitos da ação integrada do clima e dos organismos, agindo sobre o material de origem, em determinadas condições de relevo e durante certo período de tempo (USDA, 1951). Ross (1994) considera as classes de fragilidade de muito baixa a muito forte, levando em conta a

erodibilidade dos solos, o escoamento superficial e concentração das águas pluviais. Villela e Matos (1975) ressaltam que, juntamente com a magnitude pluvial, a capacidade de infiltração e a suscetibilidade para a erosão dos solos e a rapidez do escoamento das águas pluviais sobre a superfície, está diretamente relacionada com o tipo de ocupação e uso do solo. Áreas com solo exposto constituem, por exemplo, um fator decisivo na aceleração dos processos erosivos em solos profundos. Isto porque o solo desprotegido recebe o impacto direto das gotas de chuva.

Cruz *et al.* (2003), abordam que os fenômenos naturais podem ser altamente influenciados e intensificados por atividades humanas. Nesse contexto, compreender as dinâmicas vinculadas às atividades promovidas pela sociedade tornam-se importantes para que se avaliem as modificações dos fluxos de matéria e energia no sistema geomorfológico, ou seja, a compreensão da transformação da paisagem repercute diretamente sobre o comportamento da mesma. Podem-se citar importantes interferências antrópicas como as atividades agrícolas ou o processo de urbanização não planejado, uma vez que interferem diretamente na dinâmica morfológica e hidrológica local/regional. Segundo Davis (1979), a realização de mapeamentos e avaliações confirmaria que cerca de 90 por cento de todas as mortes em desastres naturais ocorrem como resultado de habitações inseguras construídas em locais inseguros. Outras atividades como a exploração de minérios, as pastagens e as áreas industriais, também alteram a dinâmica nas formas de relevo, pois não levam em consideração a fragilidade do meio natural e o grau de interferência gerado pelas suas ocupações (Silveira e Cunha, 2010). Por outro lado, Ross (1994) leva em conta o grau de proteção aos solos promovido pela cobertura vegetal para categorias que vai de proteção muito alta (áreas florestadas) a muito baixa (áreas não vegetadas).

Mais do que analisar cada fator isoladamente é necessário analisar a paisagem como um todo, compreendendo a interação entre as variáveis ambientais e sua interferência na ocorrência de eventos. Ross (1994) propõe uma metodologia integrada da paisagem, combinando diferentes variáveis geoambientais. Autores como Messias e Ferreira (2017) aplicam a referida metodologia para mapear a fragilidade ambiental à ocorrência de ravinas no Parque Nacional da Serra da Canastra, Brasil; e Marques Neto *et al.* (2014) a utilizam como subsídio do estudo da fragilidade ambiental no município de Lima Duarte, MG, Brasil.

Pretende-se analisar a fragilidade ambiental do município de Nova Friburgo, Rio de Janeiro, Brasil, embasada pela concepção teórico-metodológica de Ross (1994). Através de um enfoque estrutural da paisagem, este trabalho tem como objetivo produzir um mapa

de fragilidade ambiental do município, estabelecendo níveis de instabilidade através da associação das variáveis ambientais declividade, padrões de relevo, solo e ocupação e uso do solo.

Área de estudo

Localização do município de Nova Friburgo, Rio de Janeiro, Brasil e contexto morfodinâmico da paisagem local

O município de Nova Friburgo está situado na região central do estado do Rio de Janeiro e é constituído pelos distritos: Amparo (1), Campo do Coelho (2), Conselheiro Paulino (3), Lumiar (4), Muri (5), Nova Friburgo (6), Riograndina (7) e São Pedro da Serra (8) (fig. 1). Nova Friburgo ocupa parte da Serra do Mar, conhecida como Serra dos Órgãos. O município possui uma área total estimada em 935.429 km² (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE, 2021) e, geomorfologicamente, encontra-se no contexto do Planalto do Reverso da Serra dos Órgãos, conforme estudado por Dantas (2001). A região serrana do Rio de Janeiro se caracteriza por apresentar uma grande vulnerabilidade natural, e o que contribui para isso natural é um conjunto de fatores interagindo entre si: a litologia constituída por rochas com camadas finas de solo; as altas declividades; o regime de chuvas intensas no verão, características que geram solos mais instáveis e propensos a deslizamentos (Tavares e Amorim, 2011). Localizado na região serrana do Rio de Janeiro, o município de Nova Friburgo compartilha destas características e é frequentemente acometido por movimentos de massa que causam danos sociais e alterações naturais na paisagem.

A altitude influencia diretamente no clima, considerado clima tropical de altitude, ameno, mais seco à medida que se afasta da Serra do Mar, em direção ao interior do estado. A precipitação média anual é de 2.000 mm, sendo o período de Dezembro a Fevereiro os meses que concentram as maiores médias de precipitação (Prefeitura Municipal de Nova Friburgo - PMNF, 2007). O relevo escarpado, somado aos altos índices de precipitação no verão, confere ao município inúmeros registros de eventos de movimento de massa. Esses eventos podem ser agravados pela alteração artificial das encostas e pela remoção da vegetação para implantação de agropecuária e pastagens, atividades que provocam a retirada da proteção natural dos solos.

O município de Nova Friburgo apresenta uma paisagem física bastante heterogênea, resultado da interação de seus diferentes atributos ambientais. A paisagem local tem forte influência da Serra do Mar, sendo Nova Friburgo uma das cidades que se instalou nesse grande alinhamento serrano, de forma que a cota altimétrica da cidade ultrapassa 2.000 m de altitude em alguns pontos (fig. 2).

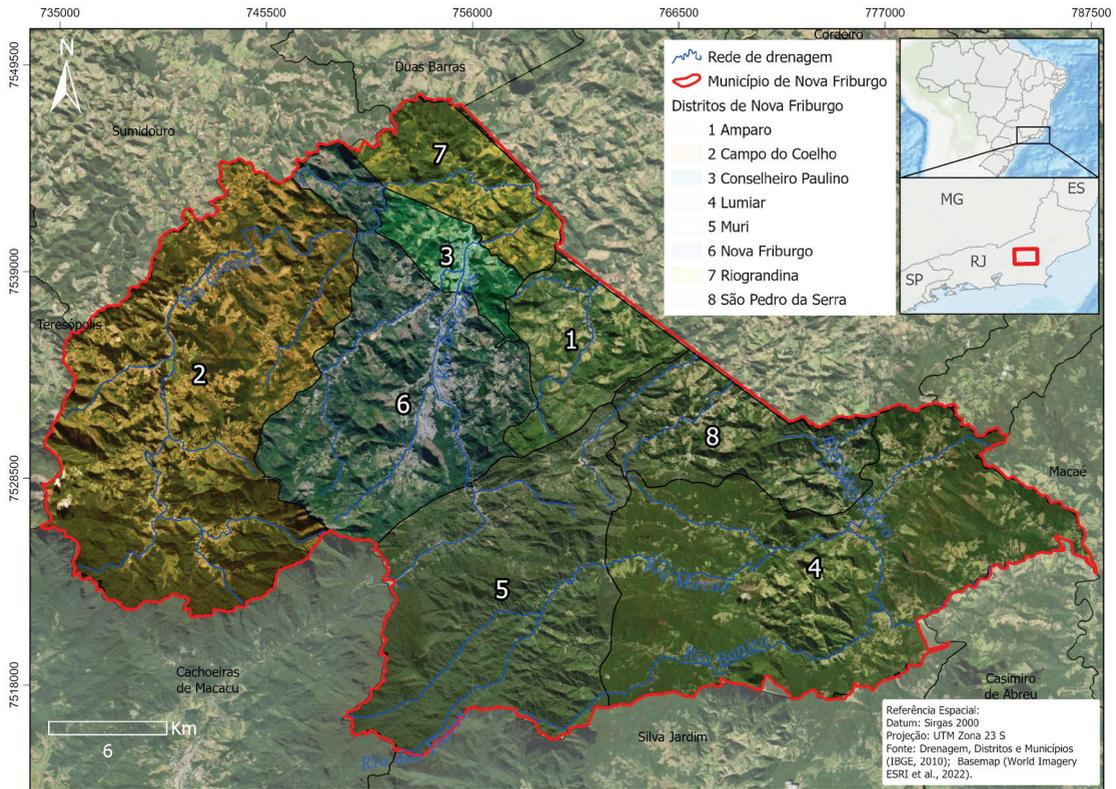


Fig. 1 - Localização dos distritos do município de Nova Friburgo - RJ.

Fig. 1 - Location of the districts within the municipality of Nova Friburgo - RJ.

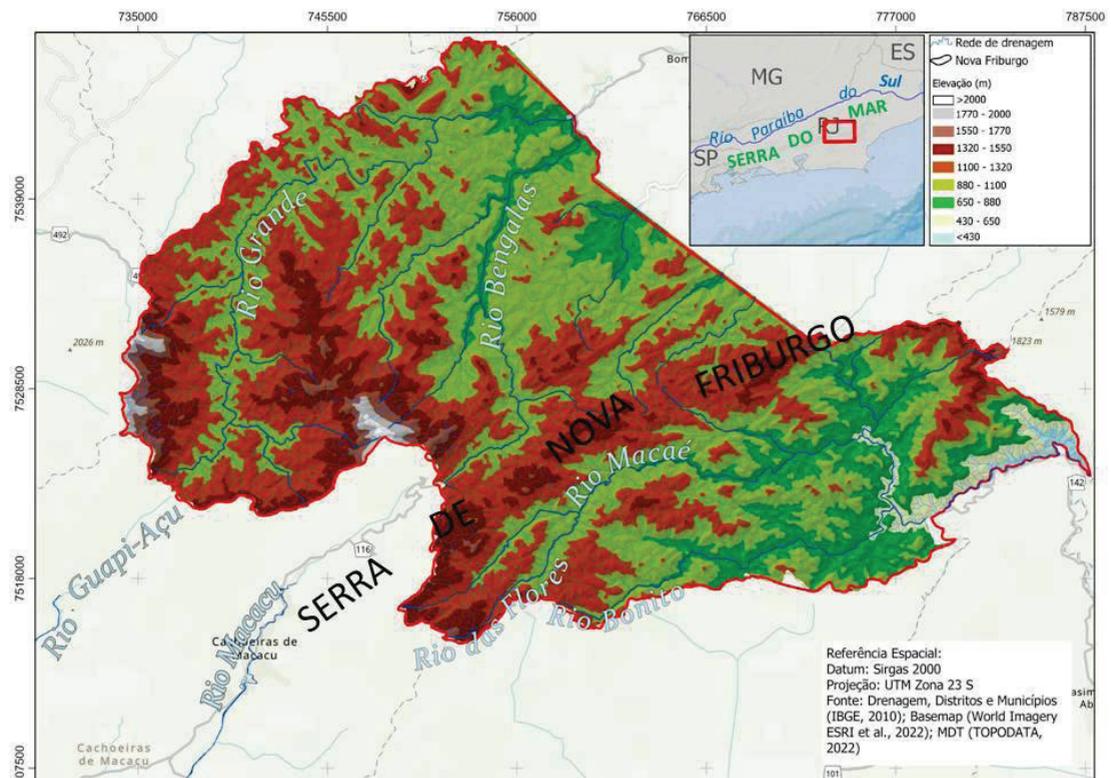


Fig. 2 - Altimetria do município de Nova Friburgo - RJ.

Fig. 2 - Altimetry of Nova Friburgo municipality - RJ.

As rochas da Serra do Mar mantêm as altas altitudes em alguns pontos, no entanto, o clima da região, tropical de altitude, contribui para a alta densidade de drenagem, que promove intensa dissecação do relevo. Segundo Hasuiet *al.* (2012), a escarpa da Serra dos Órgãos é interrompida por importantes frentes de erosão de direções NNE, NNW e NE. Uma dessas reentrâncias é dada pela erosão dos rios Guapi-Açu e Macacu, que dissecam a escarpa sobreposta a Nova Friburgo. De acordo com os autores, o Rio Paraíba do Sul drena, no interior do planalto serrano, encaixado no Lineamento Além Paraíba, de direção ENE. Seus afluentes, também encaixados, esculpem um relevo intensamente dissecado e estruturado ao longo de toda a bacia.

No trecho da Serra do Mar que leva o nome de Serra de Nova Friburgo, estruturas de direção NNW a NW promovem uma abrupta quebra no relevo, de onde se inicia o último alinhamento serrano da extensão setentrional da Serra do Mar. As altitudes que decrescem para leste, com médias de 700 a 1.000 m, onde passa a constituir um conjunto de serras residuais, cristas alongadas e morros com vertentes íngremes, são por vezes suavizadas pela intensa colmatação das encostas (Hasui *et al.*, 2012). Esta configuração do relevo implica a cada um dos atributos ambientais determinada instabilidade morfodinâmica que, somadas, resultam numa escala de fragilidade ambiental, categorizada neste trabalho no intervalo de muito baixa a muito alta.

O contexto geológico da região (fig. 4) é composto por rochas metamórficas e ígneas associadas aos eventos tectônicos compressivos e de idade neoproterozóica. Há ocorrências de gnaisses e granitos, pertencentes, em sua maior parte, ao Terreno Oriental da Faixa Ribeira, representado pelo domínio tectônico Costeiro. Além disso, ocorrem intrusões graníticas no período póscolisional da Faixa Ribeira, como a Suíte Nova Friburgo, onde são encontrados os picos mais elevados (Tupinambá *et al.*, 2012).

A declividade no município (fig. 3), obtida a partir da extração da camada vetorial de curvas de nível do Modelo Digital do Terreno da área de estudo em ambiente SIG, é bastante variável, apresentando ambientes planos (inferiores à 6 % de declividade) e escarpados (superiores aos 70 % de declividade). Os menores valores estão localizados nos vales mais dissecados, onde se formam as planícies fluviais. Já os médios valores são encontrados nas colinas e morros com encostas suavizadas, sem a presença de encostas íngremes. Por fim, as altas declividades estão situadas nas bordas dos alinhamentos serranos que cortam o município e nas bordas das unidades geomorfológicas de maiores altitudes. Considerando este quadro, sabe-se que as classes de declividade que conferem maior instabilidade morfodinâmica são as de média a alta declividade. Em todos os distritos pode-se observar trechos de altas declividades, no entanto, as manchas de maior expressão estão situadas nos distritos de Nova Friburgo (6), Lumiar (4) e Campo Coelho (2).

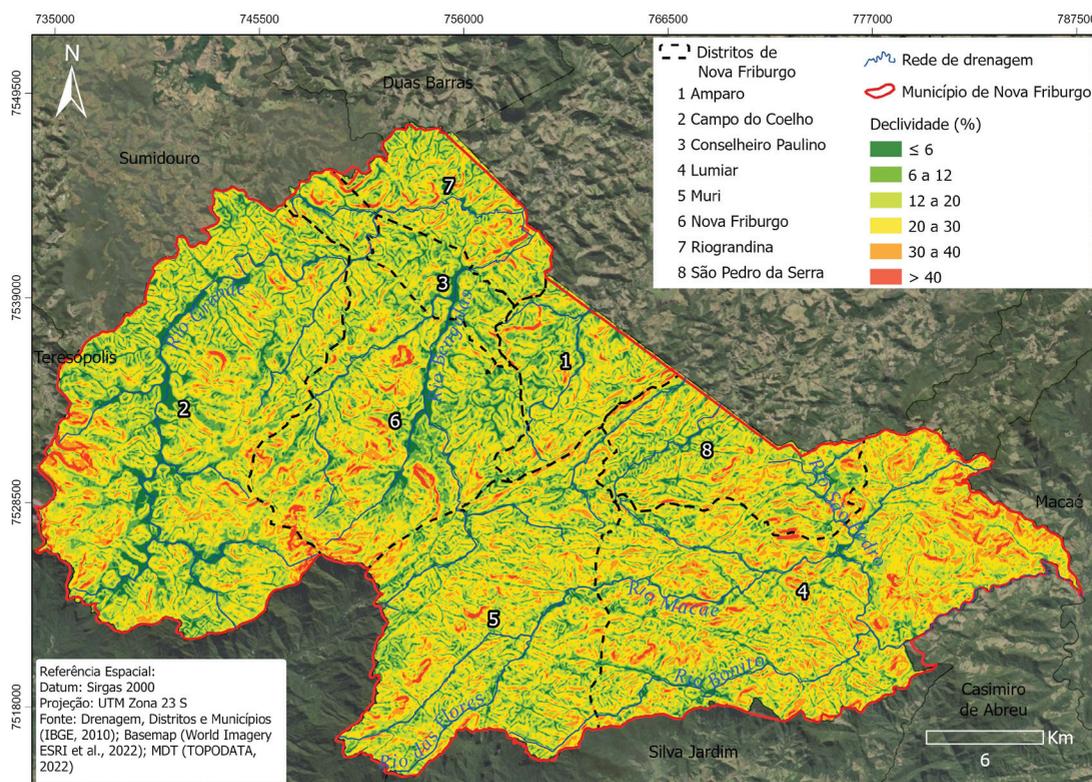


Fig. 3 - Mapa de declividade do município de Nova Friburgo.

Fig. 3 - Slope map of Nova Friburgo municipality.

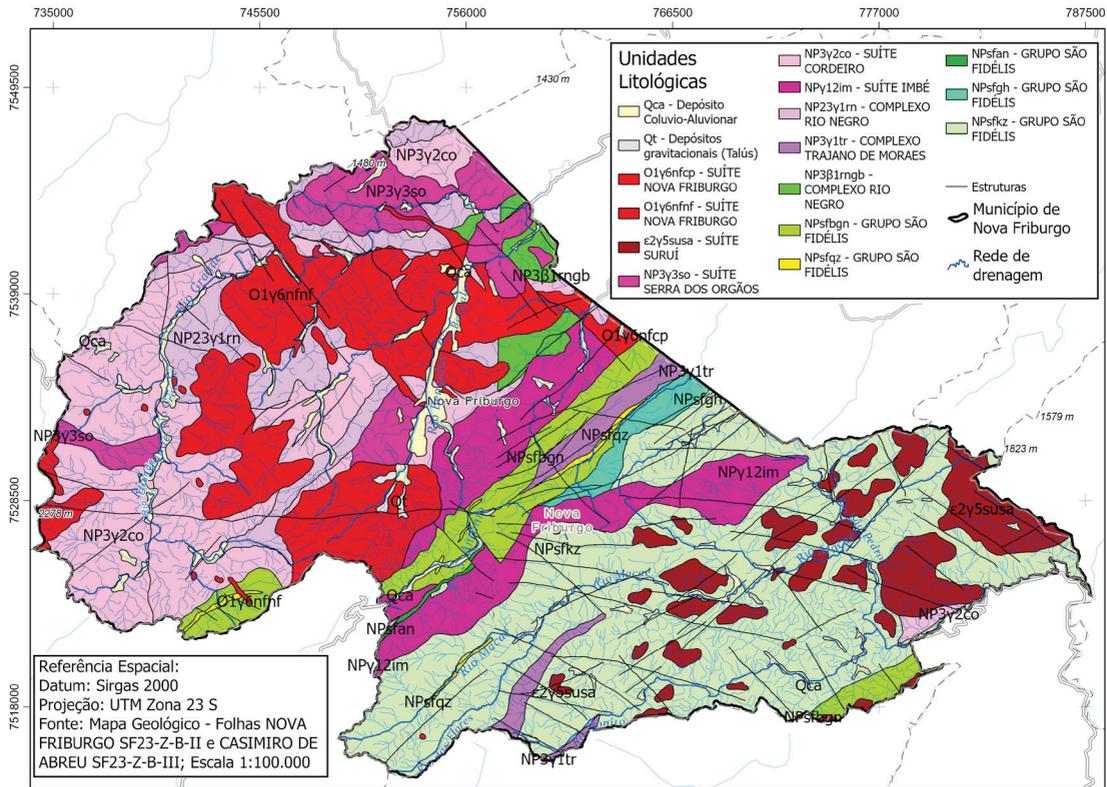


Fig. 4 - Contexto geológico do município de Nova Friburgo - RJ.

Fig. 4 - Geological context of Nova Friburgo municipality - RJ.

DESCRIÇÃO DA LEGENDA:

- Qca** - Depósito Colúvio-Aluvionar: Argilas de planície de inundação intercaladas com depósitos lenticulares de canal com seixos, areia fina e média.
- Qt** - Depósitos gravitacionais (Talús): Matações angulosas arredondadas em matriz argilo-arenosa intensamente pedogenizada no topo do depósito.
- O1y6nfcp e O1y6nfnf** - SUÍTE NOVA FRIBURGO: cp - Conselheiro Paulino; nf - Nova Friburgo: corpos intrusivos de granitos homófonos com textura equigranular, porfirítica e megaporfirítica; granodiorito e diorito subordinados.
- e2y5susa** - SUÍTE SURUÍ: granitos de granulação fina (milimétrica), isotrópico, às vezes com estruturas de fluxo. Apresenta composição sienogranítica a monzogranítica. Localmente apresenta granulação centimétrica e brechas de falhas nas bordas. Exibe índice de cor leucocrático, cinza clara esbranquiçada a branca, maciço, equigranular, com biotita e muscovita.
- NP3y3so** - SUÍTE SERRA DOS ORGÃOS: gnaisses à hornblenda e biotita de grão grosso, foliação descontínua; variações tonalíticas a graníticas
- NP3y2co** - SUÍTE CORDEIRO: ortognaisse leucocrático a hololeucocrático granítico, com foliação fraca a bem desenvolvida, e arranjos diatexiticos.
- NP3y12im** - SUÍTE IMBÉ: ortognaisse mesocrático com megacrístais de feldspato subedral; coexistem minerais típicos de afiliação sedimentar (sillimanita de muscovita) e ígnea (hornblenda e biotita parda).
- NP23y1rn** - COMPLEXO RIO NEGRO: gnaisses de grão grosso, foliação
- NP3y1tr** - COMPLEXO TRAJANO DE MORAES: rochas de coloração escura, granulação fina a média que exibem uma foliação muito acentuada ou até mesmo um fino bandamento, dado pela separação de minerais plácóides e feldspato. A migmatização é generalizada, representada pela formação de leucossoma quartzo-feldspático, pegmatóide ou aplítico, comumente disposto em finas bandas que formam estruturas ptigmáticas.
- NP3B1rnbg** - COMPLEXO RIO NEGRO: Hornblenda gabro a piroxêniohornblendito à plagioclásio, chegando a hornblendito com textura homófona ou foliada
- NPsfbn** - GRUPO SÃO FIDÉLIS: biotita-(granada)-(sillimanita)-(muscovita) gnaise migmatítico com níveis xistosos ricos em biotita e granada, de espessura decimétrica a decamétrica.
- NPsfqz** - GRUPO SÃO FIDÉLIS: quartzito pouco recristalizado com biotita gnaise e de muscovita-sillimanita quartzito muito recristalizado nos níveis xistosos.
- NPsfan** - GRUPO SÃO FIDÉLIS: anfibólio-gnaise, contendo hornblenda, biotita, plagioclásio e quartzo, com apatita como mineral acessório
- NPsfgh** - GRUPO SÃO FIDÉLIS: (sillimanita) biotita gnaise bandado ou homogêneo, com muita intercalação de rochas ricas em sillimanita, granada, e feldspato, quartzito, rochas calcissilicáticas, meta-ultramáficas, gonditos e ocorrência de sulfetos disseminados. Biotita gnaise homogêneo.
- NPsfkz** - GRUPO SÃO FIDÉLIS: (sillimanita) biotita gnaise bandado ou homogêneo, com muita intercalação de rochas ricas em sillimanita, granada, e feldspato, quartzito, rochas calcissilicáticas, meta-ultramáficas, gonditos e ocorrência de sulfetos disseminados. kinzigito composto por granada biotita gnaise (e, localmente, cordierita), bandado com intercalações de sillimanita-granito gnaise, quartzito, anfibólito e rochas calcissilicáticas.

A carta do relevo de Nova Friburgo apresenta dois tipos genéticos, segundo a proposta de Nunes *et al.* (1994). O primeiro grupo corresponde aos modelados de acumulação, locais onde há, predominantemente, processo de acumulação de sedimentos. São simbolizados pela letra A e representados pelas planícies fluviais (Apac) e pelas rampas de colúvio (Ac). O segundo abrange os modelados de dissecação, simbolizados pela letra D,

são representados pelas colinas (Dc), morros (Dms e Dm), morrotes (Dmrat e Dmat) e serras alongadas (Das), onde predominam processos erosivos. Pode-se ainda subdividir os padrões de relevo presentes nos modelados de dissecação em relevos colinosos e suaves, onde a declividade é de 6 a 15 %; relevos de morros e morrotes, onde há predomínio de declives entre 15 e 30 %; e relevo montanhoso, cuja declividade predominante está acima

de 30 % (Marques Neto *et al.*, 2014). Mais informações sobre a produção do mapa de padrões de relevo estão detalhadas no tópico “Materiais e métodos”.

A energia morfodinâmica de maior intensidade predomina, nos modelados de dissecação, principalmente naqueles com maior grau de entalhe vertical e menor dimensão interfluvial, que aparecem na paisagem no formato de vales em V profundos e agudos. Desta maneira, morfologias suaves, que apresentam menor grau de entalhamento vertical e maior dimensão fluvial, possuem menor energia morfodinâmica. O mapa de padrões de relevo da área de estudo (fig. 5), demonstra que os distritos Lumiar (4), Muri (5) e São Pedro da Serra (8) possuem a classe de relevo morrotesaltimontanos como predominante, e são atravessados pelo alinhamento serrano que corta o município. Os outros distritos possuem o relevo variável entre os morrotesaltimontanos e morfologias mais suaves.

As classes de solo foram obtidas na escala 1:100.000 junto ao INEA/RJ (2022), órgão responsável por armazenar as informações cartográficas do estado. A disposição de solos na região (fig. 6), nessa escala, se apresenta com 4 tipologias: latossolo, argissolo, cambissolo e neossololítico. Neste caso também há correlação com a morfologia, visto que os tipos de solos presentes em áreas mais planas tendem a se desenvolver com maior profundidade. Os solos localizados em áreas de maior

declividade tendem a ser mais rasos e mais facilmente removidos (Lepsch, 2011). O tipo de solo influencia também no tipo de vegetação que vai se desenvolver, sendo mais robusta em solos profundos e física e quimicamente propícios à instalação de vegetação densa (Lepsch, 2011).

Os dados de ocupação e uso do solo foram fornecidos pela coleção 7 do MapBiomias (Projeto Mapbiomas, 2020), produzidos a partir de imagens do Landsat, com uma resolução média de 30m, que inclui dados anuais de ocupação e uso do solo para o período de 1985 a 2021. O mapa de uso e ocupação de Nova Friburgo (fig. 7) mostra que grande parte do perímetro municipal está ocupada com remanescentes florestais, naturais da Mata Atlântica. No entanto, também é extensa a área coberta pela mancha urbana ou outras áreas de influência humana, como as pastagens, agropecuária e silvicultura. Sem um planejamento ambiental, essas áreas tendem a se expandir desordenadamente, podendo causar maiores impactos aos processos naturais existentes.

A mancha urbana de maior densidade, que corresponde aos distritos Nova Friburgo (6) e Conselheiro Paulino (3), está instalada próxima às margens do rio Bengalas, principalmente onde predominam morfologia do tipo de morros, “estrangulada” pelos morrotesaltimontanos e os limites das planícies fluviais. Quanto maior a influência de atividades humanas, maior a alteração da dinâmica

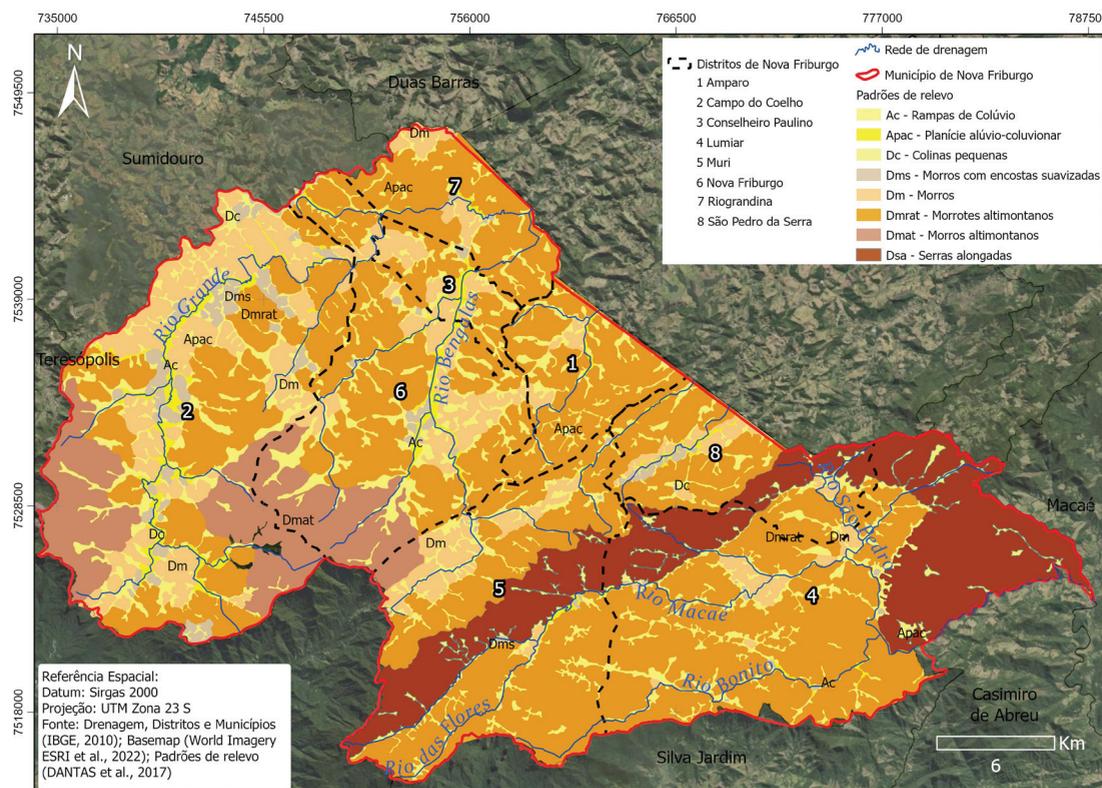


Fig. 5 - Mapa de padrões de relevo do município de Nova Friburgo.

Fig. 5 - Map of relief patterns of Nova Friburgo municipality.

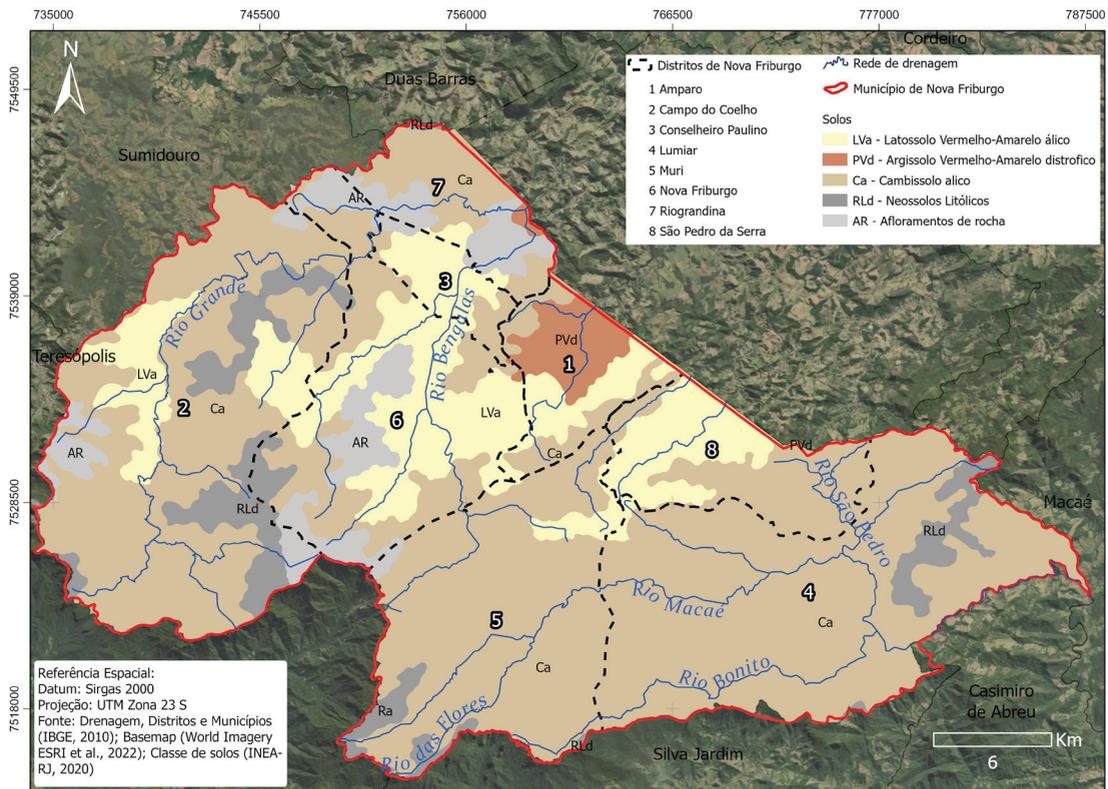


Fig. 6 - Mapa de solos do município de Nova Friburgo.

Fig. 6 - Soil map of Nova Friburgo municipality.

natural da paisagem. Cortes de encostas para instalação de ocupações e atividades econômicas, remoção da vegetação para implantação de agricultura e pecuária ou substituição da floresta natural por espécies não nativas, como o caso do eucalipto, são exemplos de alteração da paisagem natural que pode causar o aumento da fragilidade ambiental. A vegetação funciona como protetor do solo de processos erosivos e eventos como movimentos de massa.

Movimentos de massa em Nova Friburgo, RJ, Brasil

Segundo Rocha *et al.* (2021), de acordo com levantamento feito pelo plano de contingência de 2013 do Núcleo de Análise e Diagnóstico de Escorregamentos do Departamento de Recursos Minerais do Estado do Rio de Janeiro (NADE/DRM-RJ), o município de Nova Friburgo está em um domínio com mais de 100 setores em risco iminente. Além disso, se insere entre as 821 cidades cadastradas no Brasil como mais suscetíveis a movimentos gravitacionais de massa (Brasil, 2014).

A cidade de Nova Friburgo é uma das cidades da região serrana do Rio que historicamente mais sofre com movimentos de massa, na maioria das vezes associados a chuvas intensas no verão. Na história recente da cidade, um evento que causou muitos danos e a perda da vida

de centenas de pessoas ocorreu em Janeiro de 2011, quando chuvas de grande intensidade caíram sobre a região serrana do Rio de Janeiro. Os municípios mais afetados foram Nova Friburgo, Petrópolis, Teresópolis, Bom Jardim, Sumidouro e Areal, em uma área estimada de 2.300 km², onde vivem mais de 713.000 habitantes, sendo que, somente em Nova Friburgo, houve cerca de 3 mil deslizamentos e foi uma das cidades com maior número de mortos (Tavares e Amorim, 2011). Este evento ficou conhecido como Megadesastre, uma das maiores catástrofes já ocorridas no Brasil, que causou danos sociais e financeiros (fot. 1).

Materiais e Métodos

Os dados cartográficos foram trabalhados em ambiente SIG, através do software ArcGIS Pro (ESRI, 2020). Utilizaram-se dados cartográficos que contemplam a área de estudo: as Folhas Topográficas de escala 1:50.000 (SF-23-Z-B-II-2 DUAS BARRAS, SF-23-Z-B-II-4 NOVA FRIBURGO, SF-23-Z-B-III-1 CORDEIRO, SF-23-Z-B-III-3 QUARTÉIS) (IBGE, 1966); os Mapas Geológicos de escala 1:100.000 (folhas SF.23-Z-B-II NOVA FRIBURGO e SF23-Z-B-III FOLHA CASIMIRO DE ABREU) e o Modelo Digital de Elevação (MDE) - Mapa Índice TOPODATA 22S435 (TOPODATA, 2022).

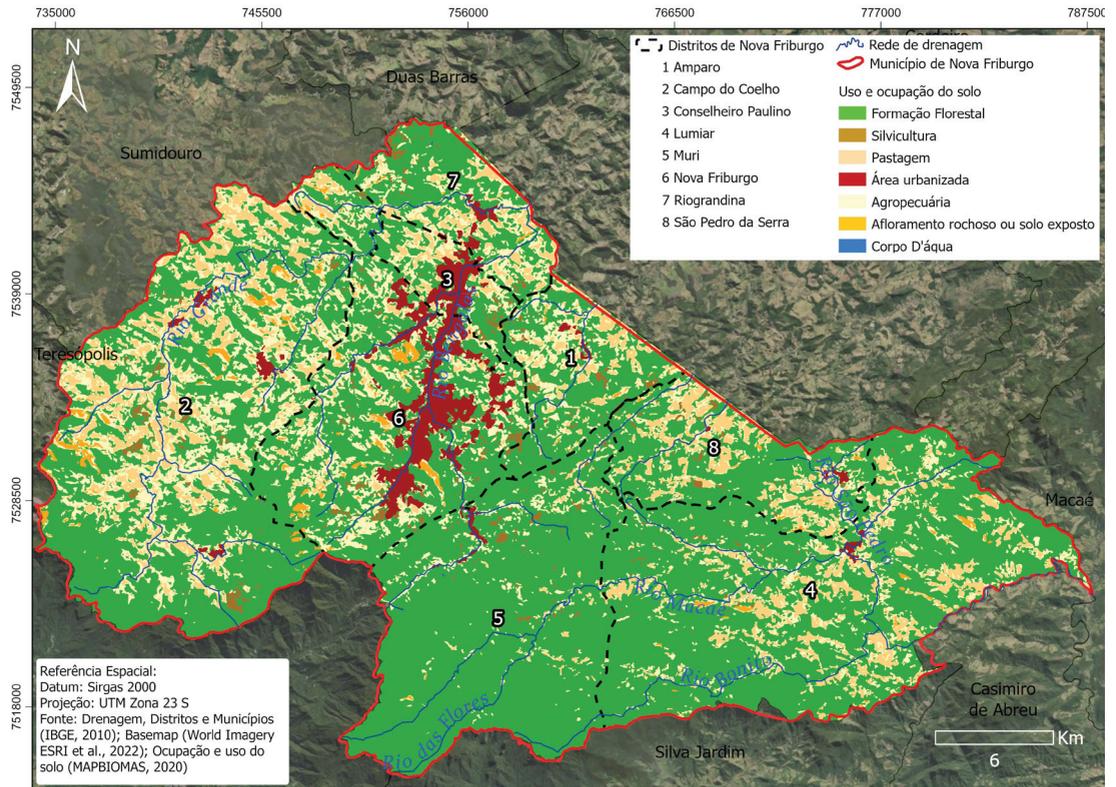


Fig. 7 - Mapa de ocupação e uso do solo do município de Nova Friburgo.
Fig. 7 - Map of land use and occupation in the municipality of Nova Friburgo.



Fot. 1 - Danos causados pelo Megadesastre de 2011 na região serrana do Rio de Janeiro (Fonte: G1, 2021).
Photo 1 - Damage caused by the 2011 Megadisaster in the mountainous region of Rio de Janeiro (Source: G1, 2021).

A fragilidade ambiental é o resultado da interação entre diversas variáveis ambientais, que estão na base da menor ou maior energia morfodinâmica dos processos naturais. Desta forma, a produção da carta de fragilidade ambiental passou a ser subsidiada pela associação dos seguintes atributos espaciais, sugeridos por Ross (1994): declividade, forma de relevo, solos, ocupação e uso do solo. O produto cartográfico obtido pôde ser classificado em cinco categorias de fragilidade: muito baixa, baixa, média, alta e muito alta, conforme sugerido por Marques Neto *et al.* (2014).

A primeira variável analisada foi a declividade. Ross (1994) cita estudos consolidados na bibliografia sobre a capacidade de uso e aptidão agrícola associados a valores indicativos de limites críticos da geotecnia, que indicam o vigor dos processos erosivos, riscos de escorregamentos e inundações frequentes, relacionados à declividade. Considerando estas características, o autor define as seguintes categorias hierárquicas de fragilidade ambiental para as classes de declividade (TABELA I).

TABELA I - Categorias hierárquicas de fragilidade ambiental utilizadas por Ross (1994) para classes de declividade.

TABLE I - Hierarchical categories of environmental fragility used by Ross (1994) for slope classes.

Categorias Hierárquicas	Classes de declividade
Muito Fraca	até 6 %
Fraca	de 6 a 12 %
Média	de 12 a 20 %
Forte	de 20 a 30 %
Muito Forte	acima de 30 %

Os intervalos de declividade foram definidos manualmente, baseados em Ross (1994) e Marques Neto *et al.* (2014) e seguiram a seguinte distribuição: < 6 %; 6 a 12 %; 12 a 20 %; 20 a 30 %, 30 a 40 %; >40 %.

Outro parâmetro ambiental utilizado para a análise foi o padrão do relevo, que apesar de estar correlacionado à declividade, leva em conta dois aspectos morfométricos que traz diferentes informações daquelas fornecidas pela declividade: profundidade de dissecação e dimensão interfluvial (Nunes *et al.*, 1994; Cunha, 2012; Marques Neto, 2020). As formas de relevo puderam ser reconhecidas através da adaptação da Carta de Geomorfologia do município de Nova Friburgo (Dantas *et al.*, 2017), associada à compartimentação geomorfológica da área. A representação cartográfica dos padrões de formas semelhantes se dá por um conjunto de letras e símbolos seguido de um conjunto de algarismos arábicos. Elas podem ser de duas linhagens genéticas: acumulação (A) ou desnudação/dissecação (D) (Torres *et al.*, 2012). As letras maiúsculas indicam os tipos genéticos; as letras minúsculas indicam os padrões de forma de relevo; e os números indicam os parâmetros morfométricos (Marques

Neto, 2020). Os valores da Dissecação foram obtidos automaticamente no ArcGis, com base na proposta de Guimarães *et al.* (2017), que consiste em quatro etapas: tratamento do modelo digital de elevação (MDE), mapeamento do grau de entalhamento dos vales, mapeamento da dimensão interfluvial média das bacias e a integração dos dois mapas (Guimarães *et al.*, 2017).

Os algarismos arábicos são extraídos da Matriz dos Índices de dissecação do relevo, um quadro que associa os valores de dimensão interfluvial (DI - distância dos divisores dos canais fluviais) e grau de entalhamento (E - amplitude altimétrica entre o topo e o fundo do vale). Quanto mais acentuado o entalhe, maior a energia gravitacional disponível para deflagrar processos físicos como queda de blocos e movimentos de massa. A dimensão interfluvial, medida em metros, é obtida a partir da medição da extensão dos interflúvios nos diferentes conjuntos de formas.

A Matriz dos índices de Dissecação desenvolvida por Ross (1992) e utilizada por Ross (1994) é baseada na relação de densidade de drenagem/distância interfluvial média para dissecação no plano horizontal e nos graus de entalhamento dos canais de drenagem para a dissecação no plano vertical. Foi a partir desta matriz que Ross (1994) estabeleceu categorias de influência para a fragilidade ambiental que vão de Muito Fraca a Muito Forte. A Matriz dos Índices de Dissecação do Relevo utilizada por Ross (1994) pode ser interpretada juntamente com a forma aparente do relevo para cada categoria, esquematizada por Guimarães *et al.* (2017) (TABELA II).

Em relação aos solos, Ross (1994) propõe a utilização das características de textura, estrutura, plasticidade, grau de coesão de partículas, profundidade e espessura dos horizontes dos solos para a classificação dos níveis de fragilidade ambiental. De acordo com essas características, o autor define as seguintes classes de fragilidade relativas aos solos (TABELA III).

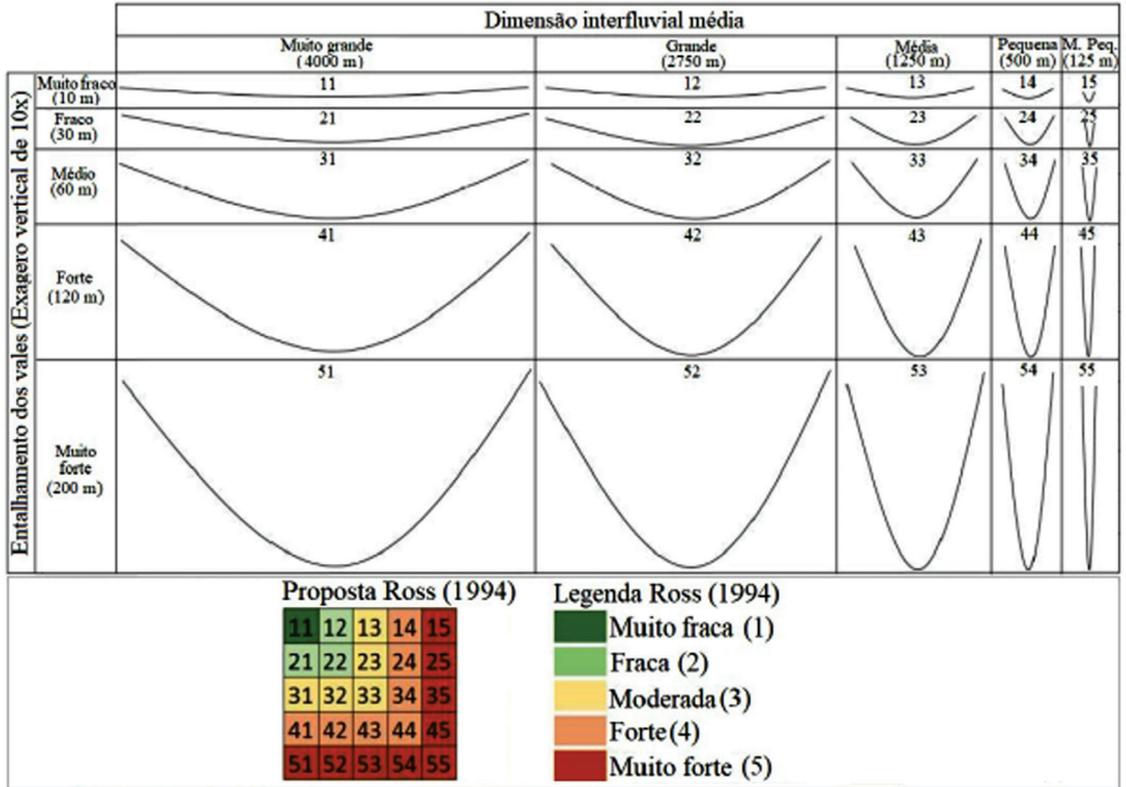
Segundo Ross (1994), a análise da proteção dos solos pela cobertura vegetal passa pela interpretação da carta de ocupação e uso do solo. A hierarquia de fragilidade ambiental para a ocupação e uso do solo obedece, então, aos graus de proteção dos solos pela cobertura vegetal (TABELA IV).

Após a produção dos mapas de cada uma dessas variáveis ambientais, trabalhou-se com a definição de níveis de instabilidade para cada categoria do respectivo atributo. Foram definidos níveis de instabilidade, de 1 a 6, devido ao número de classes encontrado nas variáveis ambientais, sendo o nível 1 a de menor energia morfodinâmica e o nível 6 a de maior (TABELA V).

Posteriormente, fez-se a reclassificação das categorias de cada atributo de acordo com os pesos definidos em novas classes de 1 a 6 no ArcGis. Por fim, os mapas foram

TABELA II - Matriz dos Índices de Dissecação, forma aparente do relevo para cada categoria e categorias hierárquicas de fragilidade ambiental

TABLE II - Matrix of Dissection Indexes, apparent landform for each category and hierarchical categories of environmental fragility.



Fonte: adaptado de Ross, 1994 e Guimarães et al., 2017. Source: adapted from Ross, 1994 and Guimarães et al., 2017.

TABELA III - Categorias hierárquicas de fragilidade ambiental utilizadas por Ross (1994) para tipos de solo.

TABLE III - Hierarchical categories of environmental fragility used by Ross (1994) for soil classes.

Classes de Fragilidade	Tipos de solos
Muito Baixa	Latossolo Roxo, Latossolo Vermelho escuro e Vermelho-amarelo, textura argilosa
Baixa	Latossolo Amarelo e Vermelho-amarelo, textura média/argilosa
Média	Latossolo Vermelho-amarelo, Terra Roxa, Terra Bruna, Podzólico Vermelho-amarelo, textura média/argilosa
Forte	Podzólico Vermelho-amarelo, textura média/arenosa
Muito Forte	Cambissolos Podzolizados com cascalho, Litólicos e Areias Quartzosas

TABELA IV - Categorias de fragilidade ambiental utilizadas por Ross (1994) para classes de ocupação e uso do solo.

TABLE IV - Categories of environmental protection fragility used by Ross (1994) for land use and occupation classes.

Graus de proteção	Ocupação e uso do solo
Muito Alta	Florestas/Matas naturais, florestas cultivadas com biodiversidade.
Alta	Formações arbustivas naturais com estrato herbáceo denso, formações arbustivas densas (mata secundária Cerrado Denso, Capoeira Densa). Mata homogênea de Pinus densa, Pastagens cultivadas com baixo pisoteio de gado, cultivo de ciclo longo como o cacau.
Média	Cultivo de ciclo longo em curvas de nível/terraceamento como o café, laranja com forrageiras entre ruas, pastagens com baixo pisoteio, silvicultura de eucaliptos com sub-bosque de nativas.
Baixa	Culturas de ciclo longo de baixa densidade (café, pimenta do reino, laranja, com solo exposto entre ruas), culturas de ciclo curto, arroz, trigo, feijão, soja, milho, algodão com cultivo em curvas de nível/terraceamento).
Muito Baixa	Áreas desmatadas e queimadas recentemente, solo exposto por arado/ gradeação, solo exposto ao longo de caminhos e estradas, terraplanagens, culturas de ciclo curto sem práticas conservacionistas.

TABELA V - Valores de instabilidade relativa atribuídos às classes de cada atributo para a produção do mapa de fragilidade ambiental.

TABLE V - Relative instability values assigned to the classes of each attribute to produce the environmental fragility map.

ATRIBUTO	CLASSE	INSTABILIDADE	JUSTIFICATIVA
Declividade	≤ 6	1	Maior deposição de sedimentos e pouco ou nenhum risco geológico-geomorfológico
	6 - 12	2	Maior deposição de sedimentos e baixo risco geológico-geomorfológico
	12 - 20	3	Moderado nível de processos erosivos
	20 - 30	4	Valores com risco geológico-geomorfológico mediano
	30 - 40	5	Valores próximos dos limites críticos de geotecnia e ocupação
	> 40	6	Valores acima dos limites críticos de geotecnia e ocupação
Padrão de Relevo	Ac - Rampas de colúvio	1	Morfologia plana com maior deposição e baixa energia morfodinâmica
	Apac - Planície Alúvio-coluvionar	1	Morfologia plana com maior deposição e baixa energia morfodinâmica
	Dc - Colinas pequenas	2	Morfologia ondulada com baixa energia morfodinâmica
	Dms - Morros com encostas suavizadas	3	Grau de entalhe médio e dimensão interfluvial grande
	Dm - Morros	4	Grau de entalhe forte e dimensão interfluvial média
	Dmrat - Morrotes altimontanos	4	Grau de entalhe forte e dimensão interfluvial média
	Dmat - Morros altimontanos	4	Grau de entalhe forte e dimensão interfluvial média
	Das - Serras alongadas	6	Grau de entalhe muito forte e dimensão interfluvial pequena
Solos	Lva- Latossolo Vermelho-amarelo	1	Solos profundos e localizados em locais planos
	PVd - Argissolo Vermelho-amarelo	2	Solos com razoável profundidade e boa coesão
	Ca - Cambissolo	5	Solos pouco profundos e facilmente removíveis
	Rld - Neossolo Litólico	6	Solos rasos e facilmente removíveis
	AR - Afloramento Rochoso	5	Ausência de solos
Ocupação e uso do solo	Formação Florestal	1	Alto grau de proteção aos solos
	Silvicultura	6	Alteração da proteção natural dos solos
	Pastagem	5	Solos desprotegidos
	Área urbanizada	6	Alteração da forma natural das encostas, impermeabilização
	Agropecuária	5	Solos desprotegidos
	Afloramento rochoso ou solo exposto	3	Superfície desprotegida

associados, e o produto obtido corresponde à somatória dos níveis estabelecidos, de modo que a sobreposição dos valores resulta em uma nova classe com um novo valor. O resultado deste procedimento é o mapa de fragilidade ambiental. Este produto foi classificado manualmente em 5 classes de fragilidade: menor que 5; entre 5 e 10; entre 10 e 15; entre 15 e 20; e maior que 20 e correspondem, respectivamente, a fragilidade muito baixa, fragilidade baixa, fragilidade média, fragilidade alta e fragilidade muito alta.

Resultados

Fragilidade ambiental em Nova Friburgo - RJ

A fragilidade ambiental de determinada área pode ser analisada através da associação espacial de diversos fatores ambientais. No caso deste trabalho, a análise da fragilidade ambiental no município de Nova Friburgo (fig. 8) se deu através da associação de quatro variáveis: declividade, formas de relevo, solos e uso e cobertura do

solo. Estes fatores foram selecionados pela alta influência nos processos morfodinâmicos do município isoladamente, estes fatores definem maior ou menor fragilidade ambiental. Quando associados, podem trazer uma síntese mais completa sobre a real fragilidade existente na área.

Ao comparar o mapa de fragilidade ambiental final com os mapas de declividade, formas de relevo, solos e uso e cobertura do solo isoladamente, nota-se nítida correlação das áreas apontadas como alta energia morfodinâmica em cada uma dessas variáveis. A correlação que mais chama a atenção é da classe de alta fragilidade ambiental com o alinhamento serrano que corta o município no sentido SO - NE. Neste trecho a declividade é mais acentuada, os vales são mais encaixados e os solos são mais rasos ou inexistentes. Este alinhamento abrange os distritos de Lumiar (4), Muri (5) e São Pedro da Serra (8).

Apesar da vegetação natural ser mais densa e a atividade humana ser pouco influente, os outros fatores sobressaem e definem uma alta fragilidade ambiental no alinhamento serrano, tornando a paisagem local sujeita a eventos como os movimentos de massa, rolamento de blocos de rocha e alta taxa de erosão. A alta fragilidade ambiental encontrada nestes pontos mostra que processos de alta energia fazem parte da dinâmica natural da paisagem. Essa ideia reforça a necessidade de preservar áreas com essa característica da influência humana, para assim, preservar o ambiente natural e também, promover a

proteção da sociedade de eventos naturais que possam provocar danos humanos e financeiros.

Assim como nas serras alongadas, outros locais onde aparecem manchas expressivas de alta fragilidade ambiental, sem influência humana, estão nas bordas de domínio de morros altimontanos, com características parecidas com as das serras. Nesses ambientes os vales são encaixados e os solos são mais rasos, portanto, são removidos com maior facilidade. Nos locais com maior influência humana, como nos distritos Campo do Coelho (2) e Nova Friburgo (6), há a presença marcante de manchas de fragilidade alta, devido à combinação das variáveis ambientais, que apesar de terem fragilidade ambiental média isoladamente, apresentam a somatória final alta, o que confere alta fragilidade ambiental.

Para entender como a fragilidade elevada pode se manifestar na realidade, podemos verificar a espacialização de eventos que ocorreram no passado. Por exemplo, no evento que ficou conhecido como Mega Desastre de 2011, fortes chuvas atingiram a região Serrana do Rio de Janeiro e causaram inúmeros deslizamentos de terra. De acordo com Busch e Amorim (2011), a Defesa Civil do município registrou a ocorrência de mais de 3 mil deslizamentos na área urbana e rural. Daqueles ocorridos na área urbana, 49 % se concentrava na região central e 32 % no bairro Conselheiro Paulino, além dessas áreas, o bairro Córrego Dantas também foi um dos mais atingidos

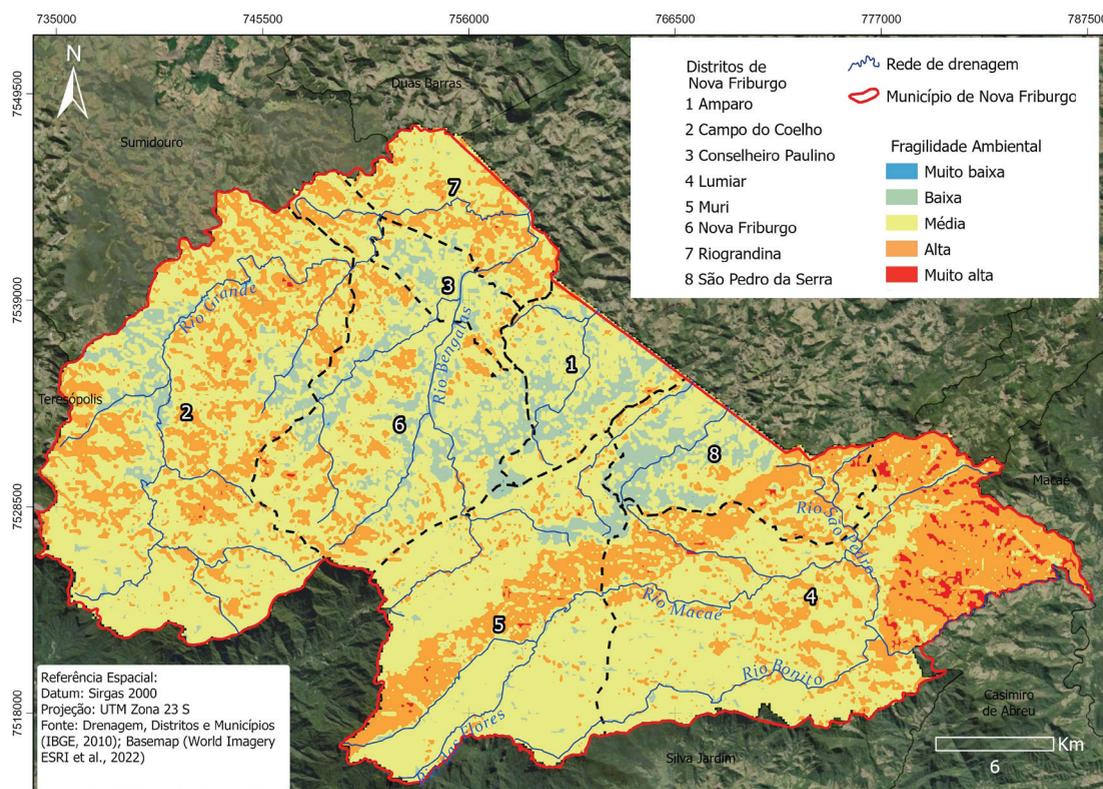


Fig. 8 - Mapa de fragilidade ambiental de Nova Friburgo - RJ.

Fig. 8 - Environmental fragility map of Nova Friburgo - RJ.

(Cardoso e Vieira, 2016). Dias e Lima (2012) concluíram que as localidades com maior número de deslizamentos foram o Distrito Campo do Coelho, principalmente o bairro Córrego Dantas, proporcionalmente o bairro mais atingido - 15 % de sua área. Segundo os autores, apesar de não possuírem o maior quantitativo de áreas atingidas por escorregamentos, nas localidades urbanas, observa-se um número de óbitos muito maior, devido a sua alta densidade de construção urbana.

Nos locais onde a declividade é média, os vales não são tão agudos, os solos mais profundos e a cobertura do solo é natural, a fragilidade ambiental é média. As classes de baixa e muito baixa fragilidade aparecem nos locais de baixa declividade, exceto na área urbanizada pois a alteração da paisagem natural através do corte de encostas, da impermeabilização do solo, da remoção da vegetação entre outros fatores, provoca aumento da fragilidade ambiental. Portanto, as classes de baixa e muito baixa fragilidade se concentram, essencialmente, nas planícies fluviais.

A fragilidade ambiental dos pontos que apresentam morfologia de colinas pequenas ou morros com encostas suavizadas apresentaria também baixa ou muito baixa fragilidade ambiental, seguindo a lógica dos resultados até aqui. No entanto, um fator que altera essa tendência é a presença de pastagens, agricultura ou silvicultura. Como dito anteriormente, a remoção da vegetação provoca o aumento da fragilidade ambiental, pelo fato de funcionarem como protetor natural contra a erosão e saturação do solo. Portanto, essas áreas aparecem com fragilidade ambiental média.

Da área total do município, as classes de fragilidade ocupam os seguintes percentuais: muito baixa - 0,11 %; baixa - 12,5 %; média - 60,27 %; alta - 25,52 %; muito alta - 1,60 %. Chama a atenção a extensão das áreas consideradas média e alta fragilidade, que juntas somam mais de 85 % de todo o município. Esses valores mostram que, devido ao quadro físico existente na área e a interação entre os fatores presentes, Nova Friburgo apresenta um importante grau de fragilidade ambiental, com alta energia morfodinâmica.

Conclusões

Ao longo da extensão do município de Nova Friburgo, a média e alta energia morfodinâmica existente devido ao quadro físico com a presença de vales agudos e profundos, com áreas de altas declividades, solos rasos e desprotegidos, agravados pela forte influência humana em alguns locais, define as classes média e alta fragilidade ambiental como as de maiores extensões. Este cenário ambiental ressalta a necessidade de promover estudos mais detalhados sobre a ocupação urbana, confrontando os planos de expansão urbana com os resultados deste trabalho para se evitar a ocupação

em locais de alta e muito alta fragilidade. Sugere-se, em próximos estudos, produzir um mapa de risco, com auxílio do produto obtido neste artigo. Para as áreas de elevada fragilidade que estão ocupadas, seria necessário promover ações de retirada ou prevenção. As áreas utilizadas para atividades econômicas como silvicultura, agricultura e pastagens devem passar por um processo de análise ambiental a fim de reduzir seu processo de expansão, que provoca a remoção e diminuição da área florestal e alteração da morfologia, o que resulta no aumento da fragilidade ambiental.

O planejamento ambiental necessita de documentos cartográficos que mostrem a espacialização das áreas de maior e menor fragilidade, como o apresentado. A interpretação de documentos como esse auxilia no entendimento de como os processos naturais podem ter impacto nas atividades humanas. Estudos que associam diferentes variáveis ambientais mostram uma visão integrada da paisagem e podem ser utilizados para reconhecer áreas restritas às ocupações e atividades humanas, e também áreas naturais que devem ser dedicadas à preservação. Além disso, podem ser utilizados para promover estudos de análises de risco, vulnerabilidade, potencialidades de uso e ocupação, por exemplo.

Bibliografia

- Ab'Sáber, A. N. (1959). Tipos de drenagem labiríntica do Brasil. *Notícia Geomorfológica*, Campinas, v. 2, n. 4, 50-51.
- BRASIL (2014). Ministério da Integração Nacional/ Secretaria Nacional de Defesa Civil. Lista dos 821 municípios com o maior número de ocorrências de desastres naturais. Brasília.
- Busch, A. e Amorin, S. (2011). *A tragédia da região serrana do Rio de Janeiro em 2011: procurando respostas*. ENAP: Escola Nacional de Administração Pública, volume único, 1-20.
- Cardoso, P. da S., Vieira, R. (2016). O Megadesastre de Janeiro de 2011 na cidade de Nova Friburgo, *Investig. Geogr. Chile*, 52: 47-70.
- Cruz, J. da, Rozé, J. P., Francia, F., e Cob, G. (2003). *Ecología Social de Los Desastres*. Montevideu: Coscorobaediciones. 176 p.
- Cunha, C. M. L. (2012). *A cartografia geomorfológica em áreas litorâneas. Rio Claro, 105p. (Livro Docência em Geografia)*. Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista.
- Dantas, M. E., Garcia, M. L. T., Carbinatti, C., Shinzato, E. (2017). Carta geomorfológica: município de Nova Friburgo, RJ. CPRM: Escala 1:100.000. Disponível em <https://rigeo.cprm.gov.br/jspui/handle/doc/18188>

- Dantas, M. E. (2001). *Geomorfologia do Estado do Rio de Janeiro*. CPRM-Serviço Geológico do Brasil. Estudo Geoambiental do Estado do Rio de Janeiro. Brasília, CPRM.
- Davis I. (1979). Towards an Understanding of Key Issues. *Conference "Disasters and Settlements"*. Disasters Vol. II. Pergamon Press. London.
- Dias, L. F., Lima, P. H. F. (2012). Mapeamento da Espacialidade dos Deslizamentos no Município de Nova Friburgo - RJ. *Anais IX Simpósio Nacional de Geomorfologia*.
- EMBRAPA (2003). *Práticas de conservação do solo e recuperação de áreas degradadas*. Rio Branco, AC: Embrapa Acre, 29 p.
- ESRI (2020). *Environmental Systems Research Institute*. ArcGIS Pro, versão 2.5.
- Fierz, M. de S. M., Ross, J. L. S. (2008). O uso da metodologia da fragilidade ambiental para elaboração de plano de manejo de parques estaduais. In: *VII-Simpósio nacional de Geomorfologia SINAGEO*, 2008, Belo Horizonte. VII .Simpósio Nacional de Geomorfologia - SINAGEO.
- G1 (2021). Região Serrana InterTV. Disponível em <https://g1.globo.com/rj/regiao-serrana/noticia/2021/01/11/confira-imagens-marcantes-da-tragedia-de-2011-na-regiao-serrana-do-rj.ghhtml>, acesso em Nov 2022.
- Geraldes, M. C., Nummer, A. R., Tupinambã, M., Schmitt, R da S., Heilbron, M., Almeida, J, C, H de, Dios, F. B. de (2009). MAPA GEOLÓGICO - FOLHA CASIMIRO DE ABREU SF23-Z-B-III. Estado do Rio de Janeiro, escala 1:100.000. Rio de Janeiro: CPRM.
- Grigoriev, A. A. (1968). Os fundamentos teóricos da moderna geografia física. In: *The Interaction of Science in the Study of the Earth*. Moscou.
- Guimarães, F. S., Cordeiro, C. M., Bueno, G. T., Carvalho, V. L. M., Nero, M. A. (2017). Uma proposta para automatização do Índice de dissecação do relevo. *Revista Brasileira de Geomorfologia*, São Paulo, v. 18, n. 1, 155-167.
- Hasui, Y., Carneiro, C. D. R., Almeida, F. F. M. de, Bartorelli, A. (2012). *Geologia do Brasil*. São Paulo: Beca. 900 p.
- IBGE - INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (2021). *Cidades e Estados - Nova Friburgo* - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Disponível em <https://www.ibge.gov.br/cidades-e-estados/rj/nova-friburgo.html>, acesso em Nov de 2022.
- IBGE - INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (1966). *Folhas Topográficas*. Escala 1:50000. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/geociencias/cartas-e-mapas/folhas-topograficas/15809-folhas-da-carta-do-brasil.html?=&t=sobre>, acesso em: Nov de 2022.
- INEA/RJ - INSTITUTO ESTADUAL DO AMBIENTE (2022). Portal GEOINEA - Canal de compartilhamento de informações geoespaciais. Disponível em www.inea.rj.gov.br/biodiversidade-territorio/informacoes-geoespaciais/, acesso em Out de 2022.
- Lepsch, I. F. (2011). *19 Lições de Pedologia*. São Paulo: Oficina de Textos.
- Mapbiomas (2020). *Coleção 7 da Série Anual de Mapas de Cobertura e Uso da Terra do Brasil*. Disponível em https://mapbiomas.org/colecoes-mapbiomas-1?cama_set_language=pt-BR, acesso em Out de 2022.
- Marques Neto, R. (2020). *Cartografia Geomorfológica - Revisões, Aplicações e Proposições*. Curitiba: CVR.
- Marques Neto, R., Zaidan, R. T., Menon, W., Moura, A. B. A. P. de (2014). Estrutura e Dinâmica da Paisagem no Município de Lima Duarte (MG): Uma Abordagem Geoecológica. *Revista Caminhos da Geografia*, v. 15, n. 52. p. 134-150. Disponível em <https://seer.ufu.br/index.php/caminhosdegeografia/article/view/26076/15965>
- Messias, C. G., Ferreira, M. C. (2017). Aplicação do método de classificação contínua fuzzy para o mapeamento da fragilidade do terreno em relação à ocorrência de ravinas no Parque Nacional da Serra da Canastra. *RAEGA - O Espaço Geográfico em Análise*, [S.l.], v. 39, p. 111 - 127. Disponível em: <https://revistas.ufpr.br/raega/article/view/42914>
- Nunes, B. A., Ribeiro, M. I. C., Almeida, V. J., Natali Filho, T. (1994). Manual técnico de geomorfologia. Rio de Janeiro: IBGE. 113p. (*Série Manuais Técnicos em Geociências*, n. 5).
- Pinho, G. M., Franciso, C. N., Salgado C. M. (2013). Análise Espacial dos Movimentos de Massa em Nova Friburgo/RJ. O caso do Desastre Natural de Janeiro de 2011. *Rev. Tamoios*, São Gonçalo (RJ), ano 09, n. 1, 16-27.
- PMNF - PREFEITURA MUNICIPAL DE NOVA FRIBURGO (2007). Plano Diretor Participativo de Nova Friburgo - CD- ROM. Prefeitura municipal de Nova Friburgo/ Programa Pró-Cidade.
- Rocha, L. P., Dourado, F., Silva, A. F. e Santos, T. D. (2021). Risco Geológico: Uma Abordagem Integrada entre Métodos de Mapeamento Geotécnico Analisados em Nova Friburgo, RJ. *Anuário do Instituto de Geociências*, v. 44, 1-18.
- Ross, J. L. S. (1994). Análise empírica da fragilidade dos ambientes naturais e antropizados. *Revista do Departamento de Geografia*, 8, São Paulo, 63-74.
- Ross, J. L. S. (1990). *Geomorfologia, Ambiente e Planejamento*. São Paulo: Ed. Contexto.

- Ross, J L. S. (1992). O Registro Cartográfico dos Fatos Geomórficos e a Questão da Taxonomia do Relevo. *Revista do Departamento de Geografia*, São Paulo, n. 6, 17-30.
- Silveira, A., Cunha, C., C. M. L. da (2010). *Geografia, Rio Claro*, v. 35, n. 3, set./dez., 573-588.
- Tamanini, M. S. A (2008). *Diagnóstico Físico-Ambiental para determinação da fragilidade potencial e emergente da Bacia do Baixo Curso do Rio Passaúna em Araucária - PR (Dissertação de Mestrado em Geografia)*. Setor de Ciências da Terra, Universidade Federal do Paraná, Curitiba (PR), 105 p.
- Tavares, A. B., Amorim, S. (2011). *A tragédia da região serrana do Rio de Janeiro em 2011: procurando respostas*. Brasília: ANESP.
- Torres, F. T. P, Marques Neto, R., Menezes, S. de O. M. (2012). *Introdução à Geomorfologia*. São Paulo: CengageLearning.
- TOPODATA (2022). Banco de Dados Geomorfométricos do Brasil. Disponível em <http://www.webmapit.com.br/inpe/topodata>, acesso em Out de 2022.
- Tupinambá, M., Gontijo, A., Silva, T. M. D., Dias, D. A., Menezes, P. D. T. L., Mane, M. A., ... & Silva, F. D. L. D. (2012). Geologia e recursos minerais da folha Nova Friburgo SF.23-Z-B-II, estado do Rio de Janeiro escala 1:100.000. Rio de Janeiro: CPRM, 136 p.
- Tricart, J. (1977). *Ecodinâmica*. Rio de Janeiro: FIBGE, Secretaria de Planejamento da Presidência da República, 97 p.
- USDA (1951). *SoiJ Survey Staff - SoiJ Survey Manual*. Washington, (USDA Handbooks, n.1.8), 225-230.
- Villela, S. M. & Matos, A. (1975). *Hidrografia Aplicada*. São Paulo: McGraw - Hill do Brasil, 245 p.