



ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE GEOLOGIA
DE ENGENHARIA E AMBIENTAL

RBGEA

REVISTA BRASILEIRA DE GEOLOGIA DE ENGENHARIA E AMBIENTAL

Volume 13 (01)

2023

ISSN 2237-4590



**ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE GEOLOGIA
DE ENGENHARIA E AMBIENTAL**

REVISTA BRASILEIRA DE GEOLOGIA DE ENGENHARIA E AMBIENTAL

Publicação Científica da Associação Brasileira de Geologia de Engenharia e Ambiental

EDITORES

Prof. Dra. Alessandra Cristina Corsi – IPT
Prof. Dr. Eduardo Soares de Macedo – IPT
MSc. Erik Wunder – Estelar Engenheiros Associados

REVISORES

Adalberto Aurélio Azevedo – Consultor	Jorge Kazuo Yamamoto – USP
Alberto Pio Fiori – UFPR	José Alcino Rodrigues de Carvalho – Univ. Nova de Lisboa (Port.)
Aline Freitas da Silva – DRM-RJ	José Augusto de Lollo – UNESP
Andrea Valli Nummer – UFSM	José Domingos Gallas – USP
Angelo José Consoni – TSAP	José Eduardo Zaine – UNESP
Antonio Cendrero – Univ. da Cantabria (Espanha)	José Luiz Albuquerque Filho – IPT
Antonio Manoel Santos Oliveira – UNG	Leandro Eugênio da Silva Cerri – Consultor
Candido Bordeaux Rego Neto – IPUF	Luis de Almeida Prado Bacellar – UFOP
Carlos Geraldo Luz de Freitas – IPT	Luiz Fernando D’Agostino – SENAI
Clovis Gonzatti – CIENTEC	Luiz Nishiyama – UFU
Denise de la Corte Bacci – USP	Malva Andrea Mancuso – UFSM
Diana Sarita Hamburger – UFABC	Marcelo Denser Monteiro – Metrô – SP / UAM
Dirceu Pagotto Stein – Geoexec	Marcilene Dantas Ferreira – UFSCar
Edilson Pissato – USP	Marcio A. Cunha – Consultor
Eduardo Goulart Collares – UEMG	Maria Heloisa B.O. Frascá – Consultora
Emilio Velloso Barroso – UFRJ	Marta Luzia de Souza – UEM
Eraldo L. Pastore – Consultor	Nelson Meirim Coutinho – GEORIO
Fábio Soares Magalhães – Walm Engenharia	Newton Moreira de Souza – UnB
Filipe Antonio Marques Falcetta – IPT	Noris Costa Diniz – UnB
Frederico Garcia Sobreira – UFOP	Reinaldo Lorandi – UFSCar
Ginaldo Campanha – USP	Renato Luiz Prado – USP
Helena Polivanov – UFRJ	Ricardo Vedovello – IPA/SIMA
João Francisco Alves Silveira – Consultor	

APOIO EDITORIAL

Denise Amaral

PROJETO GRÁFICO E DIAGRAMAÇÃO

Rita Motta – Editora Tribo da Ilha

Volume 13 (01)

2023

ISSN 2237-4590



ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE GEOLOGIA
DE ENGENHARIA E AMBIENTAL

DIRETORIA ABGE GESTÃO 2023/2024

PRESIDENTE: Fábio Soares Magalhães

VICE-PRESIDENTE: Erik Wunder

DIRETOR SECRETÁRIO: Sergio Sussumu Tokudo

DIRETOR FINANCEIRO: Adalberto Aurélio Azevedo

DIRETORA DE EVENTOS: Ana Elisa Silva de Abreu

DIRETORA DE COMUNICAÇÃO: Lilian Pimentel

Conselho Deliberativo: Fábio Soares Magalhães, Erik Wunder, Sergio Sussumu Tokudo, Adalberto Aurélio Azevedo, Ana Elisa Silva De Abreu, Lilian Pimentel, Luiz Antonio Pereira de Souza, Otávio Coaracy Brasil Gandolfo, Joao Luiz Armelin, João Antônio Curtis, Luiz Alberto Minicucci, Malena D' Elia Otero, Iramir Barba Pacheco, Sergio Augusto De Arruda Camargo, Mauro Gomes Dos Santos Filho, Romildo Dias Moreira.

Conselho Consultivo: Delfino Luiz Gouveia Gambetti (Presidente), Adalberto Aurélio Azevedo, Carlos Manoel Nieble, Fernando Facciola Kertzman, Fernão Paes de Barros (in memorian), Jayme de Oliveira Campos, Giácomo Ré, Guido Guidicini, Kenzo Hori, João Jerônimo Monticelli, Luiz Ferreira Vaz (in memorian), Luiz Francisco Saragiotto, Maria Heloísa Barros de Oliveira Frascá, Murillo Dondici Ruiz (in memorian), Nivaldo José Chiossi, Tarcísio Barreto Celestino e Wilson Shoji Yiomasa.

NÚCLEO RIO DE JANEIRO/ESPÍRITO SANTO

Conselho Deliberativo: Aline Pimentel da Silva, Ana Caroline Duarte Dutra, Giovanna Tristão R. da Cunha, Larissa Mozer, Raquel Batista M. da Fonseca e Rodrigo Ferreira Franca.

NÚCLEO MINAS GERAIS

Conselho Deliberativo: Alberto Ferreira do Amaral Junior, Angelo Almeida Zenobio, Bruno Felipe Roepke, Diego Moreira da Silva, Ellen Delgado Fernandes, Frederico Nascimento Mendes Bezerra, Maria Giovana Parizzi, Michele Aparecida Flores Costa, Reuber Ferreira Cota, Yan Lucas de O. P. Santos e Walter Dos Reis Junior.

NÚCLEO SUL

Conselho Deliberativo: Adelar José Strieder, Andréa Nummer, Cezar Augusto Burkert Bastos, Débora Lamberty, Karina R. Camargo, Malva Andrea Mancuso e Marcos A. Musso Laespiga.

NÚCLEO CENTRO OESTE

Conselho Deliberativo: Bruna M. Cruz Fernandes, Caiubi Emanuel Souza Kuhn, Ingrid Ferreira Lima, Patrícia de Araújo Romão e Rodrigo Luiz Gallo Fernandes.

NÚCLEO NORTE

Conselho Deliberativo: Claudio Fabian, Dianne D. F. Fonseca, Elton Rodrigo de Andretta, Iris Celeste N. Bandeira, José Sidney Barros e Sheila G. Teixeira.

SECRETARIA ABGE

Gerente Executiva: Luciana Marques

Assistente Editorial: Denise Amaral

Assistente Administrativo: Kauany Santos

Auxiliar Administrativo: Maria Esther Reis

Auxiliar Financeiro: Vanessa Oliveira

Av. Prof. Almeida Prado, 532 | Prédio 59 | Cidade Universitária | São Paulo - SP

Fones: (11) 3767-4361 | (11) 98687-6560

E-mail: abge@abge.org.br | Site: abge.org.br

SUMÁRIO

5 APRESENTAÇÃO

ARTIGOS CIENTÍFICOS

7 OS GEOCIENISTAS NA LINHA DE FRENTE DOS DESASTRES: UMA ANÁLISE DO PAPEL DOS GEÓLOGOS NAS AÇÕES DE PREPARAÇÃO E RESPOSTA A DESASTRES ASSOCIADOS A MOVIMENTOS DE MASSA

Aline Freitas da Silva

Rodolfo Moreda Mendes

Francisco Dourado

26 DESAFIOS PARA OCUPAÇÃO DO ESPAÇO SUBTERRÂNEO URBANO

Gisleine Coelho de Campos

Wilson Shoji Iyomasa

Daniel Seabra Nogueira Alves Albarelli

Paula Sayuri Tanabe Nishijima

Felipe Schaefer Santos

37 DIRETRIZES PARA A REALIZAÇÃO DE ANÁLISES DE ESTABILIDADE DE TALUDES UTILIZANDO OS MÉTODOS DE PROJEÇÃO ESTEREOGRÁFICA E ANÁLISE CINEMÁTICA E DE SENSIBILIDADE

Danilo José da Silva

56 ESTRUTURA DE CONTENÇÃO COMO MEDIDA MITIGATÓRIA PARA DESCARACTERIZAÇÃO DE BARRAGENS COM ALTEAMENTO A MONTANTE DA MINA FÁBRICA, MG

Ana Paula Araujo

Wilson Shoji Iyomasa

Isabel Cristina Carvalho Fiammetti

CONTRIBUIÇÕES E REFLEXÕES

69 ENCHENTES URBANAS: DO DIAGNÓSTICO À SOLUÇÃO

Álvaro Rodrigues dos Santos

81 A IMPORTÂNCIA DE PREFEITURAS SE ASSOCIAREM À ABGE

João Jeronimo Monticelli



APRESENTAÇÃO

Estamos apresentando a primeira edição de 2023 da RBGEA – Revista Brasileira de Geologia de Engenharia e Ambiental, a revista da ABGE. Nesta edição reunimos quatro artigos técnico-científicos e duas contribuições.

O primeiro desses artigos, de Aline Freitas, Rodolfo Mendes e Francisco Dourado, mostra uma análise do papel dos geólogos nas ações de preparação e resposta a desastres associados a movimentos de massa. Neste artigo são discutidos os resultados obtidos por meio de uma pesquisa de campo realizada a partir de um questionário online e direcionado a especialistas das áreas de gestão de riscos e de desastres, especialmente no Brasil.

Já Gisleine Coelho de Campos e outros tratam dos desafios da ocupação dos espaços subterrâneos urbanos. A crescente ocupação do espaço subterrâneo, com seus eventuais impactos no meio ambiente e suas implicações na qualidade de vida da população, ainda constituem desafios a serem enfrentados. O crescente uso e ocupação do espaço subterrâneo das metrópoles impõe aos profissionais de engenharia o desafio de construir novas infraestruturas sem comprometer o desempenho das já existentes, tanto em superfície como em subsuperfície.

O terceiro artigo, de autoria de Danilo José da Silva, trata das diretrizes para a realização de análises de estabilidade de taludes utilizando os métodos de projeção estereográfica e análise cinemática e de sensibilidade em taludes rochosos. A orientação das descontinuidades é o parâmetro chave para a análise de estabilidade em taludes rochosos. O artigo propõe metodologia para essas análises.

O artigo de Ana Paula Araújo, Wilson Iyomassa e Isabel Fiammetti analisa o exemplo da estrutura de contenção como medida mitigató-

ria para descaracterização de barragens com alteamento a montante da Mina Fábrica, em Ouro Preto (MG). Aborda-se neste relato o estudo e a construção da Estrutura de Contenção à Jusante (ECJ), edificada ao longo da principal drenagem onde foram construídas quatro barragens de rejeitos, “em cascata”, que necessitam ser descaracterizadas, conforme nova legislação vigente.

Na seção Contribuições e Reflexões, publicamos importantes colaborações de profissionais e colegas. O geólogo Álvaro Rodrigues dos Santos escreve sobre enchentes urbanas. Discutindo os prós e contras das soluções mais utilizadas atualmente, o autor propõe o uso de medidas estruturais e não estruturais para auxiliar a solução desse grave problema nas cidades brasileiras. Já João Jeronimo Monticelli relata uma novidade importante para a ABGE: a entrada como associada da Prefeitura de Paraty, cidade histórica do litoral fluminense. Ademais, o autor inclui anexo com a lei votada e aprovada pelos vereadores autorizando a entrada da prefeitura como associada da ABGE e que pode servir de exemplo para outras municipalidades.

Finalmente, tivemos uma ótima notícia da última avaliação da Capes sobre as revistas científicas. A nossa RBGEA está agora classificada como B-2 nas áreas de Geociências, Engenharias I e II, Ciências Ambientais, Geografia, e Arquitetura, Urbanismo e Design. Com isso, esperamos que os colegas da academia enviem mais artigos para publicação.

Participe de nossa revista enviando seu artigo técnico, seu texto de reflexão, seu comentário ou sua sugestão para que possamos juntos fazer da RBGEA a revista de divulgação e integração da Geologia de Engenharia e Ambiental no Brasil.

Desejamos a todos uma ótima leitura.

ARTIGOS CIENTÍFICOS

OS GEOCIENTISTAS NA LINHA DE FRENTE DOS DESASTRES: UMA ANÁLISE DO PAPEL DOS GEÓLOGOS NAS AÇÕES DE PREPARAÇÃO E RESPOSTA A DESASTRES ASSOCIADOS A MOVIMENTOS DE MASSA

THE GEOSCIENTISTS ON THE FRONT LINE OF DISASTERS: AN ANALYSIS OF THE ROLE OF GEOLOGISTS IN MASS MOVEMENTS DISASTER PREPAREDNESS AND RESPONSE ACTIONS

ALINE FREITAS DA SILVA

Programa de Pós-Graduação em Desastres Naturais – Universidade Estadual Paulista (UNESP) e Centro Nacional de Monitoramento e Alertas de Desastres Naturais (CEMADEN), São José dos Campos, SP, Brasil, aline.f.silva@unesp.br

RODOLFO MOREDA MENDES

Centro Nacional de Monitoramento e Alertas de Desastres Naturais (CEMADEN), São José dos Campos, SP, Brasil, rodolfo.mendes@cemaden.gov.br

FRANCISCO DOURADO

Universidade Estadual do Rio de Janeiro (UERJ), Rio de Janeiro, RJ, Brasil, fdourado@cepedes.uerj.br

RESUMO ABSTRACT

Quando um desastre ocorre imediatamente equipes de resposta são acionadas para lidar com as consequências geradas por ele e, de certa forma, contribuir no alívio do sofrimento humano. Essas equipes deveriam ser constituídas por inúmeros outros especialistas (além dos bombeiros, da defesa civil e das equipes médicas) com habilidades e conhecimentos específicos, trabalhando coordenada e multidisciplinarmente. Alguns trabalhos destacam como os geocientistas constituem uma primeira linha de defesa contra desastres geodinâmicos, contudo ainda persiste uma lacuna a respeito do papel e da importância do geólogo e as ações que ele pode desempenhar nas operações de desastre. Com isso em mente, esse estudo tem por objetivo analisar a contribuição dos geocientistas nas ações de Preparação e Resposta a um desastre, a partir de uma perspectiva ampla e de forma específica para os geólogos e os desastres associados aos movimentos de massa. Neste artigo são discutidos os resultados obtidos por meio de uma pesquisa de campo realizada a partir de um questionário online e direcionado a especialistas das áreas de gestão de riscos e de desastres, especialmente no Brasil. Constatou-se que a participação de geocientistas

When a disaster strikes immediately response teams are called in to deal with its consequences and, in a certain way, to contribute to the relief of human suffering. These teams should be made up of numerous other specialists (in addition to fire, civil defense, and medical teams) with specific skills and knowledge, working in a coordinated and multidisciplinary way. Some works highlight how geoscientists constitute a first line of defense against geodynamic disasters, yet a gap still persists regarding the role and importance of the geologist and the actions they can play in disaster operations. With this in mind, this study aims to analyze the contribution of geoscientists in Disaster Preparedness and Response actions, from a broad perspective and in a specific way for geologists and disasters associated with mass movements. This article discusses the results obtained through a field research, conducted from an online questionnaire and directed to experts in the fields of disaster risk and disaster management, especially in Brazil. It was found that the participation of geoscientists in preparedness and response actions is fundamental, but this is not observed in practice. The creation of a mechanism of joint action,

nas ações de preparação e resposta é fundamental, mas isso não se observa na prática. A criação de um mecanismo de atuação conjunta, incluindo profissionais de diferentes instituições, para prestarem apoio técnico-científico em emergências se faz altamente necessário - bem como a elaboração de normas específicas que amparem a execução da profissão em desastres. Este trabalho fomenta a discussão quanto à necessidade e à importância dos geocientistas, em especial do geólogo, na linha de frente da resposta a um desastre geológico.

Palavras-chave: Gestão de desastres; Preparação e Resposta; Geólogos; Movimentos de massa; Geociências.

1. INTRODUÇÃO

Muitos estudos discorrem sobre desastres associados a movimentos de massa, incluindo trabalhos sobre mapeamentos, avaliação de danos, mecanismos de ruptura, modelos de previsão e monitoramento, fatores subjacentes, lições aprendidas, dentre tantas outras perspectivas, de forma que este tema é fartamente pesquisado em todo mundo ao longo das últimas décadas. Contudo, infelizmente, mesmo com significativos esforços com foco principal em prevenção e mitigação - tais como, a criação de estratégias e marcos internacionais, a criação de iniciativas que promovam a resiliência, o aprimoramento dos instrumentos legislativos, e muitas outras ações - a humanidade ainda conviverá com os desastres por um tempo, e por isso, ainda que a prevenção seja a prioridade, também se faz necessário aumentar a preparação para atuar na resposta, ou seja, é preciso melhorar a capacidade de resposta para o enfrentamento a desastres. Essa constatação é inclusive apontada no Marco de Sendai (UNISDR, 2015) dentre outros documentos (Kusumasari *et al.* 2010; Araújo, 2012; UNDRR, 2020).

Para o UNDRR (Escritório das Nações Unidas para Redução do Risco de Desastres), *desastre* pode ser entendido como “uma grave perturbação do funcionamento de uma comunidade ou sociedade em qualquer escala devido a eventos perigosos interagindo com condições de exposição, vulnerabilidade e capacidade, levando a um ou mais dos seguintes efeitos: perdas e impactos humanos, materiais, econômicos e ambientais”

including professionals from different institutions, to provide technical-scientific support in emergencies is highly necessary - as well as the elaboration of specific norms that support the execution of the profession in disasters. This paper encourages the discussion about the need and the importance of geoscientists, especially geologists, in the frontline response to a geological disaster.

Keywords: Disaster Management; Preparedness and Response; Geologists; Mass movements; Geosciences.

(UNISDR, 2009, pág. 9). Ou seja, faz parte do conceito de *desastre* a capacidade de resposta que a comunidade ou sociedade afetada possui quanto ao gerenciamento das consequências geradas por um evento perigoso. É natural que quando um desastre ocorre e uma equipe de resposta é acionada se pense em um primeiro momento nos bombeiros, na defesa civil e nas equipes médicas; porém uma equipe de resposta a desastres vai muito além desses profissionais, e deveria ser constituída por numerosos outros especialistas, com habilidades e conhecimentos específicos, trabalhando todos com o objetivo comum de reduzir as consequências daquele desastre. Afinal, a ciência de riscos e desastres possui fortes características multi-, inter-, e transdisciplinares (Shi *et al.*, 2020).

Sob esse aspecto Curtis (2017, 2019) ressalta a importância do especialista técnico na resposta a desastres. Dentre muitos outros trabalhos, Gandhi (2022) destaca como engenheiros civis podem ser úteis em uma emergência, Vargas (2015) e Dutra (2018), falam sobre a atuação dos assistentes sociais, Paranhos e Blanca (2015) e Ibrahim *et al.* (2021) abordam sobre o papel dos psicólogos em desastres. Naithani e Sundriyal (2007) dentre outros autores (Tyrologou *et al.*, 2015; Le Cozannet *et al.*, 2020; Froment *et al.*, 2020) destacam o papel dos geocientistas e das ciências da terra no entendimento desses processos e como eles constituem uma primeira linha de defesa contra desastres provocados por processos geodinâmicos. Contudo, mesmo com estes trabalhos ainda persistem algumas lacunas que carecem de maiores estudos e atenção por parte da comunidade técnica e cien-

tífica, tais como uma melhor compreensão quanto ao papel e a importância do geólogo e as ações que ele pode desempenhar e contribuir na resposta ao desastre.

Essa lacuna também pode ser observada na preparação, pois comumente, no caso dos planos de emergência e contingência no Brasil, não é observada de forma explícita a necessidade de geólogos (ou de geocientistas de um modo geral), bem como as atividades a serem desempenhadas por estes profissionais, mesmo para desastres geológicos (Silva *et al.*, 2023 não publicado). E sabe-se que uma (boa) resposta a desastres requer planejamento e preparação para garantir pessoal devidamente qualificado, além de políticas adequadas, um plano de ação viável e suprimentos de emergência suficientes (Keeney, 2004).

De maneira que, pode-se dizer, o papel e a contribuição que o geocientista possui na identificação e avaliação dos perigos e na classificação das áreas de risco - ações comuns à Gestão de Risco - são relativamente mais bem conhecidas e discutidas, tanto na área acadêmica quanto na área técnica. Um exemplo disso, em nível nacional, é a existência de guias e manuais amplamente conhecidos para mapeamento de áreas de perigo e risco associados a movimentos de massa (BRASIL, 2007; CPRM, 2018). Já as ações do profissional das geociências, e especificamente do geólogo, nas etapas de preparação e resposta ao incidente, ou seja, no Gerenciamento do Desastre, ainda não são tão claras e exploradas, carecendo de documentos ou protocolos específicos que tratem da sua atuação nestas fases.

Diante desta lacuna, o objetivo deste trabalho é analisar a contribuição dos geocientistas no atendimento ao desastre, ou seja, durante a emergência, a partir de uma perspectiva ampla e de forma específica para os geólogos e os desastres associados aos movimentos de massa.

2. AÇÕES DE PREPARAÇÃO E RESPOSTA

Muitos autores e instituições (IFRC, 2000; WHO, 2002; Keeney, 2004; Altay and Green, 2006; Carter, 2008; Haddow *et al.*, 2008; UNISDR, 2009; Coppola, 2015; SEDEC, 2017; e tantos outros) apresentam suas definições sobre o que se seria

ou o que se espera da Preparação e da Resposta a desastres. Observa-se muita semelhança e completude nas definições encontradas na literatura, que de maneira simplificada, pode-se dizer que Preparação é todo um conjunto de ações e processos realizado por governos, organizações, comunidade e indivíduos para melhor responder e lidar com os desastres quando eles ocorrem; enquanto que Resposta pode ser entendido como uma série de medidas emergenciais realizadas durante ou após o desastre, que visam ao socorro e à assistência da população atingida e ao retorno dos serviços essenciais.

Entende-se que o objetivo das ações de Preparação é responder mais rápido, eficaz e eficientemente as situações de desastres - ou seja, otimizar as ações de resposta -, bem como minimizar os danos e as perdas decorrentes do desastre (Tieney *et al.*, 2001; SEDEC, 2017; Brasil, 2020; ECHO, 2021; e outros). O principal objetivo da resposta de emergência é fornecer assistência imediata para manter a vida, melhorar a saúde e apoiar o moral da população afetada (Keeney, 2004; Warfield, 2012 e muitos outros). Coppola (2015) afirma que a Resposta é de longe a função de gerenciamento de emergência mais complexa, conduzida sob alto estresse, em um ambiente com restrição de tempo e com informações limitadas.

As ações de Preparação compreendem uma vasta gama de medidas que incluem, pelo menos: a elaboração de um plano de emergência/contingência/preparação; a realização de exercícios, treinamentos e simulados (tanto para as equipes de resposta a desastres quanto para o público geral); a implementação de sistemas de alerta precoce; a definição (e treinamento) de rotas de fuga/evacuação e pontos de apoio; o inventário dos recursos materiais e humanos disponíveis (e os necessários); a gestão da Informação, dados e tecnologia; o planejamento de toda a logística e abastecimento; a criação de estruturas institucionais, políticas e legislativas; políticas públicas de educação e informação pública incluindo o treinamento das populações vulneráveis; dentre outras medidas (IFRC, 2007; Coppola, 2015; ECHO, 2021; e outros). A realização eficiente dessas medidas está diretamente associada ao sucesso das ações de resposta quando ocorre um desastre.

Em relação à elaboração dos planos de emergência/contingência/preparação os mesmos podem ser mais ou menos detalhados de acordo com o tipo de desastre a ser considerado, a capacidade de resposta e as características particulares de cada caso. De acordo com Alexander (2002; 2016) o planejamento de emergência é um processo contínuo e multidisciplinar que atravessa as fronteiras das profissões e disciplinas.

Quanto às ações de Resposta, o que se percebe das literaturas existentes é que as medidas, ou conjunto de medidas, a serem desempenhadas focam em três eixos principais de atuação: atividades de socorro, atividades de assistência à população vitimada, e reabilitação de cenários (Carter 2008; Lu and Xu, 2014; Coppola, 2015; Back, 2016; SEDEC, 2017; dentre muitos outros), figura 1.



Figura 1 – Eixos principais das ações de Resposta - Socorro aos afetados, assistência às vítimas e reestabelecimento dos serviços essenciais (SEDEC, 2017).

As **atividades de socorro** têm por objetivo prover esses serviços - no amplo sentido - à população atingida pelo desastre, incluindo: a realização de buscas, salvamentos, resgates, remoções, triagem, primeiros socorros, atendimento pré-hospitalar, médico e cirúrgico de urgência, bem como quaisquer outras ações que garantam a incolumidade dos afetados.

As **ações de assistência** às vítimas concentram-se na manutenção da integridade física e na restauração das condições de vida da população afetada pelo desastre até as condições voltarem à normalidade. Partindo deste entendimento são muitas as ações que podem vir a ser desempenhadas neste eixo de atuação, como por exemplo:

instalação de abrigos, fornecimento de água potável, provisão e meios de preparação de alimentos, distribuição de cestas de alimentos, suprimento de materiais de abrigo (colchões, kits de higiene pessoal, kits de limpeza), suprimento de vestuário, promoção de ações de saúde e higiene pessoal, assistência psicossocial e psicológica, restauração de vínculos familiares, gerenciamento de cadáveres e sepultamento, gerenciamento de animais domésticos, gerenciamento de doativos, gerenciamento de voluntários e todas as demais atividades logísticas e assistenciais necessárias até o reestabelecimento da situação de normalidade.

As medidas realizadas quanto ao **restabelecimento dos serviços essenciais** têm por finalidade

recompor as condições de segurança e habitabilidade da área atingida pelo desastre. São considerados como serviços essenciais às atividades que envolvem a trafegabilidade, o saneamento, a comunicação, a saúde e a geração/distribuição de energia. Pode ser necessário a realização de obras provisórias e urgentes, a remoção de escombros e desobstrução de vias de acesso, a construção de acessos alternativos, a desmontagem de edificações comprometidas, atividades de limpeza urbana, drenagem das águas pluviais, tratamento emergencial e destinação de resíduos sólidos, regularização de serviços básicos de educação e transporte coletivo, vistoria técnica às estruturas atingidas, emissão de laudos técnicos, dentre tantas outras medidas relevantes para a regularização dos serviços essenciais afetados.

Percebe-se pelas atividades realizadas nos três eixos principais de atuação da resposta listadas nos parágrafos anteriores que não é explícita ou óbvia as atividades de muitos especialistas técnicos – incluindo o que se espera do profissional das Geociências nas ações de resposta a um desastre (até mesmo quando se trata de desastres associados a movimentos de massa). O esclarecimento dessas ações tem como objetivo melhorar a capacidade de resposta, individual e coletiva, diminuindo, assim, as possibilidades de danos e prejuízos provocados pelo evento perigoso, e em um sentido mais amplo ressaltar como a Geologia e as Geociências contribuem para a sociedade neste momento tão crítico.

Cabe salientar, conforme preconizado pela Secretaria Nacional de Proteção e Defesa Civil (SEDEC, 2017) que para se prestar uma adequada e eficiente resposta ao desastre é necessária uma atuação multissetorial de forma estruturada, organizada, articulada e cooperativa envolvendo diferentes órgãos, profissionais, e entes federativos (a depender da intensidade do desastre).

3. METODOLOGIA

Para atingir o objetivo deste trabalho realizou-se uma pesquisa de natureza aplicada com abordagem qualitativa e objetivo exploratório, buscando produzir conhecimento que possa ser útil e aplicado na Preparação e na Resposta a de-

sastres em especial os desastres associados a movimentos de massa. Neste artigo serão discutidos os resultados obtidos por meio de uma pesquisa de campo realizada a partir de um questionário online, aplicado entre setembro e outubro de 2022, e direcionado a pessoas das áreas de gestão de riscos e gerenciamento de desastres. Os participantes selecionados são especialistas de secretarias de governo, órgãos públicos, universidades, centros de pesquisa, ou organizações que trabalham direta ou indiretamente com a etapa de preparação e resposta a desastres naturais.

De acordo com Silva (2015) a realização de entrevistas com especialistas tem como principal objetivo validar se a pesquisa bibliográfica realizada está de acordo com os casos reais e identificar possíveis contribuições para os problemas reais. Leiras *et al.* (2014) apontam ainda que uma colaboração mais estreita entre a teoria e a prática contribui para o desenvolvimento de pesquisas aplicadas e alinhadas com os problemas do mundo real.

A escolha dos especialistas para participação do questionário considerou o tipo de instituição na qual o profissional trabalha (governo, militar, academia, organização não governamental – ONG, outros), a esfera de atuação (internacional, federal, estadual, municipal), o tempo de experiência (menos de 5 anos, de 5 a 10 anos, de 10 a 20 anos, mais de 20 anos), se o especialista participou na Resposta a algum desastre, e a formação técnica do mesmo (Geologia, Engenharia, Geografia, Meteorologia, etc.). A escolha dos profissionais para participação do questionário, em especial considerando a pluralidade das características citadas acima, é de fundamental importância para a diversidade, abundância e qualidade das contribuições realizadas.

A elaboração do questionário considerou as pesquisas bibliográficas e documentais realizadas acerca do tema e procurou abordar diferentes nuances, que de alguma forma conversam entre si e se complementam, no entendimento da formação e atuação do profissional de geociências, em particular do geólogo, bem como das instituições de geologia, na gestão de desastres associados a movimentos de massa. O questionário, desenvolvido no *Google Forms*, possui 22 perguntas divididas em seis tópicos distintos:

- a. **Formação e capacitação necessárias e complementares.** O objetivo deste item é conhecer, por meio da experiência e do ponto de vista de cada especialista, quais conhecimentos podem ser válidos e importantes para atuar na fase de resposta a um desastre.
- b. **Habilidades e competências.** Considerando a vasta e diversificada experiência dos especialistas entrevistados, busca-se identificar e compreender quais são as características (além das técnicas) que sejam ideais para fazer parte de uma equipe de resposta a desastres.
- c. **Quais atividades um profissional das geociências pode desempenhar nas etapas de preparação e resposta ao desastre.** A proposta deste item é fazer um grande apanhado de ideias e de experiências de como o profissional das geociências pode ser útil neste momento crítico.
- d. **Acionamento e mobilização destes profissionais.** O objetivo deste tópico é identificar - sob a ótica dos participantes - como poderia ocorrer o acionamento e mobilização desses profissionais para atuação em emergências.
- e. **Planos e protocolos existentes.** Considerando os planos de emergência e contingência de conhecimento dos participantes e a experiência deles com estes documentos e a sua aplicação, busca-se saber da eficiência e eficácia dos mes-

mos, bem como a clareza do papel das instituições de geologia e a atuação dos geocientistas.

- f. **Gargalos e dificuldades existentes.** Por fim, considerando a expertise de cada especialista, quais são as dificuldades e as barreiras presentes para um melhor entendimento e aplicação desses conhecimentos? Tendo em conta inúmeras particularidades e peculiaridades, quais são os gargalos existentes (sejam técnicos, institucionais, orçamentários, políticos, jurídicos e outros) que dificultam o aprimoramento da nossa capacidade de resposta frente a desastres.

Ao final 72 especialistas em Gestão de Riscos e Desastres com reconhecida expertise participaram do estudo - em sua maioria profissionais com formação em Geologia (cerca de 67% dos participantes), mas o estudo também contou com Geógrafos (12%), Engenheiros (11%), Meteorologistas (2%), além de profissionais das áreas de Ciência da Computação, Ciências Biológicas, Ciências Militares, Física, História e Sociologia (todos juntos somam 8%).

Dos entrevistados, 53 deles (cerca de 73%) atuam em Instituições e Secretarias do Governo (34% nível federal ou nacional, 27% nível estadual ou regional, 39% nível municipal ou local) (Figura 2). O questionário ainda contou com a participação de 10 professores universitários, 2 militares, e 7 especialistas atuantes no setor privado ou em agências multilaterais de desenvolvimento.

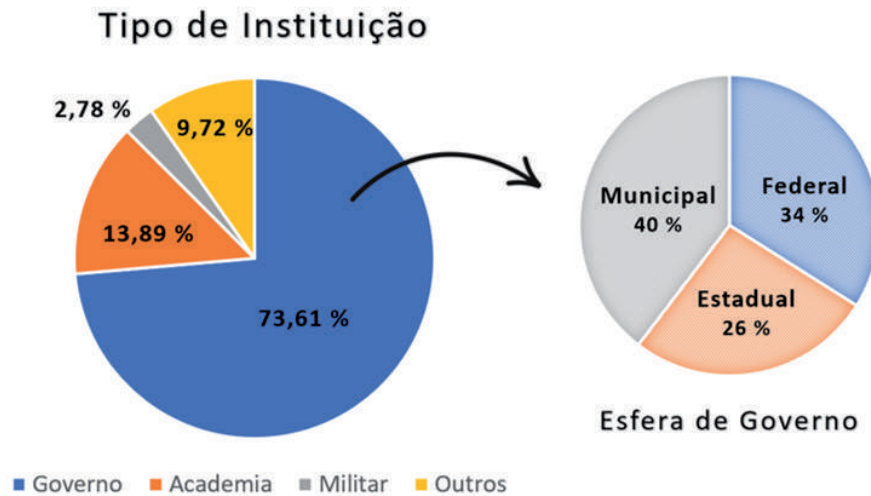


Figura 2 - Os gráficos ilustram a porcentagem do tipo de instituição na qual os participantes atuam e a porcentagem do nível federativo das instituições e secretarias de governo.

A pesquisa procurou considerar diferentes perspectivas quanto ao tempo de atuação dos especialistas sendo que 50% dos entrevistados possuem entre 10 e 20 anos de experiência, 20% deles atuam na área há mais de 20 anos, 20% possuem entre 5 e 10 anos de expertise, e 10% dos participantes possuem menos de 5 anos de experiência. Pode-se dizer que a pesquisa considera uma significativa e valiosa expertise acumulada de atuação em gestão de riscos e desastres.

Independentemente do tempo de atuação, 80% dos entrevistados possuem experiência na Resposta a desastres, incluindo grandes desastres ocorridos no Brasil tais como: inundações e deslizamentos no Vale do Itajaí em Santa Catarina (2008); inundações e enxurradas em São Luís do Paraitinga, SP (2010); movimentos de massa e enxurradas na Região Serrana do Rio de Janeiro (2011); rompimento da barragem de Córrego do Feijão, em Brumadinho, Minas Gerais (2019), Subsidência em Maceió (2020); deslizamentos em Petrópolis (2022), dentre muitos outros. Alguns especialistas ainda atuaram nas inundações da Bolívia em 2003, no furacão da Guatemala em 2005, no terremoto do Haiti em 2010 e em 2021, no terremoto de El Salvador em 2011, nos ciclones Kenneth e Idai em Moçambique em 2019, no terremoto da Turquia e Síria em 2023, dentre outros desastres.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Formação e capacitação necessárias e complementares

Sobre a “formação e capacitação necessárias e complementares” entende-se que diversos profissionais fazem parte (ou deveriam fazer) da resposta a um desastre (assim como em qualquer equipe que trabalhe com a temática de riscos e desastres), devido à grande multi e interdisciplinaridade das ações realizadas, tal como já apontado no trabalho de Shi *et al.* (2020). Absolutamente todos os 72 especialistas consultados afirmaram a necessidade de Geólogos para prestar apoio técnico na etapa de resposta a um desastre geohidrometeorológico. Além deste profissional, as três profissões que mais foram destacadas são: engenheiro civil (89%), geógrafo (72%), e meteorologista (71%).

Além dos profissionais técnicos das geociências, os participantes reforçaram a importância de outras profissões como sendo essenciais para atuarem na etapa de resposta a um desastre, incluindo principalmente os sociólogos, os assistentes sociais e os psicólogos. Evidentemente essas duas áreas do conhecimento, a Sociologia dos desastres e a Psicologia das Emergências, já são temáticas bastante conhecidas e cada vez mais desenvolvidas. Interessante observar que os profissionais participantes, em sua maioria de formação de ciências exatas, destacaram a necessidade do

olhar e o cuidado social dentro de um contexto de Resposta a desastre, indo além da prestação de ajuda humanitária tradicional (abrigos, vestuário, alimentação, etc.) e alguns salientaram ainda que a necessidade de psicólogos se faz presente tanto para os afetados do desastre quanto para auxiliar os profissionais que trabalham na emergência.

A respeito do conhecimento técnico que pode ser considerado fundamental para atuação - principalmente em campo em um desastre associado a movimentos de massa, cerca de 90% dos participantes destacaram: Mecânica dos Solos, Mecânica das Rochas e Geologia de Engenharia, ou seja, a base clássica da Geotecnia. Outros conhecimentos como Geomorfologia (85%), Geologia Estrutural (75%), Sistemas de Informações Geográficas (67%), Topografia e Cartografia (64%) e Sensoriamento Remoto (57%) também foram considerados fundamentais. Conhecimentos acerca de meteorologia, climatologia, pedologia e hidrogeologia também foram considerados importantes na formação de um profissional que busca atuar em desastres geohidrometeorológicos.

Quanto a capacitações e cursos extracurriculares úteis e importantes para a atuação na resposta, o tema "Segurança em Campo" foi altamente destacado (86%) pelos participantes. Além disso, treinamentos em Primeiros Socorros (74%), uso de GPS (74%), Sistema de Comando de Incidentes (68%) e direção 4x4 (61%) também foram signifi-

cativamente considerados. Teixeira e Abreu (2018) trazem um interessante e importante estudo a respeito da segurança em trabalhos de campo, focando na necessidade desse aprendizado nos cursos de graduação em Geologia e Engenharia Geológica, mas essa discussão permanece válida durante o exercício da profissão, ainda mais considerando aqueles que atuam em áreas de risco geológico e em operações de desastres. Os autores destacam a necessidade de criação de um plano de segurança em trabalhos de campo contendo diretrizes específicas, documentação apropriada e programa de treinamentos.

A figura 3 apresenta a lista das capacitações e treinamentos que tiveram mais de 10% de concordância entre os participantes da pesquisa.

Essa variedade de conhecimentos aponta a multidisciplinaridade exigida na temática de Gestão de Riscos e Desastres. No caso de um especialista em desastres associados a movimentos de massa, entende-se que é preciso possuir um profundo conhecimento das disciplinas elementares de Geologia e Geotecnia, mas para a sua atuação em campo na resposta ao desastre, também se faz necessário adquirir um amplo conhecimento multitemático - porém não necessariamente aprofundado - incluindo diversas capacitações que vão além dos cursos de graduação e pós-graduação, conforme apontado pelos especialistas consultados.

86% Segurança em campo			
74%	GPS	24%	Nós e amarras
74%	Primeiros socorros	21%	Sobrevivência na selva
68%	SCI - Sistema de Comando de Incidentes	15%	Idiomas Libras
61%	Direção 4x4	13%	Mergulho
42%	Noções de radioamador	13%	Sistema de Defesa Civil
38%	Rapel / Escalada	11%	Psicologia de desastres
32%	Direção defensiva	10%	Comunicação em desastres

Figura 3 – Lista de capacitações, cursos e treinamentos que foram considerados úteis (com mais de 10% de concordância entre os participantes) na atuação em campo em desastres.

4.2 Habilidades e competências

Dentre as 22 “habilidades e competências” apresentadas no questionário onde o especialista listou o que ele considerava como sendo as mais importantes para fazer parte de uma equipe de resposta a desastres, as cinco com maior porcentagem foram: trabalho em equipe (96%), comunicação eficaz (93%), comprometimento (85%), adaptabilidade/flexibilidade (83%), e inteligência emocional (82%). Outras habilidades também foram consideradas importantes, como: autocontrole, ética, empatia, resolução de conflitos, responsabilidade, proatividade, resiliência, disciplina, foco, ficando em consenso entre 80% e 50% dos participantes. A figura 4 apresenta a listagem completa das habilidades e competências apresentadas e a porcentagem encontrada a partir da avaliação dos profissionais. Interessante que além dessas características alguns especialistas ainda citaram a importância de se ter uma visão sistêmica e estratégica da emergência, a disposição física do profissional que atua em resposta aos desastres, e que é desejável se ter humildade nesse tipo de atuação, com o propósito de se evitar conflitos de egos.

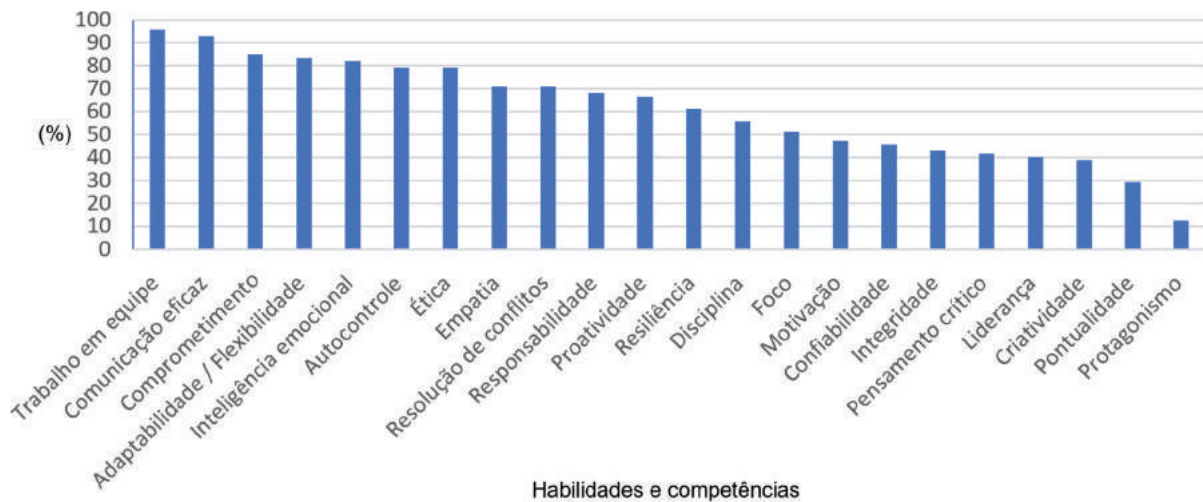


Figura 4 – Habilidades e competências apresentadas no questionário e a porcentagem encontrada considerando a avaliação dos especialistas.

O objetivo deste tópico é buscar descobrir o “perfil” esperado para atuação em contextos críticos. Saber quais ações a serem desempenhadas é diferente de executá-las em um ambiente de absoluta tensão e estresse como em um ambiente de desastre. De forma que além do conhecimento técnico e das capacitações diversas é desejado um profissional que possua características e habilidades pessoais que poderão fazer a diferença na sua atuação em uma equipe de resposta a desastres. Carter (2008) sugere a realização de uma ampla avaliação dos requisitos de habilidades especializadas e comparada com o número de pessoal qualificado disponível. Desta forma, as necessidades de treinamento em habilidades especializadas podem ser conhecidas e estabelecidas.

4.3 Atividades possíveis de serem desempenhadas nas etapas de preparação e resposta ao desastre

Um dos questionamentos mais importantes do trabalho é justamente conhecer a percepção dos especialistas quanto à contribuição da geologia e das geociências, no sentido de melhorar a capacidade de resposta, em um desastre associado a movimentos gravitacionais de massa. O questionário apresentou nove exemplos de atividades - em especial do geólogo em campo - em um desastre geohidrometeorológico, e obteve o seguinte retorno:

- i. praticamente 100% entendem que o geólogo deve apoiar tecnicamente na “iden-

- tificação de situações de risco remanescente/iminente”.
- ii. cerca de 90% consideram as atividades de “monitoramento *in loco* das feições de instabilidade quanto à evolução do desastre”; “delimitação do polígono para remoção e evacuação da população”; e “avaliação dos locais escolhidos como pontos de apoio/refúgio/abrigo” devem ser realizadas por este profissional.
 - iii. 80% dos especialistas avaliam que o geólogo deveria participar da “proposição de medidas emergenciais”; bem como “assessorar as equipes de comunicação na divulgação de informações corretas e apropriadas sobre o evento”.
 - iv. 70% dos participantes apontam que o geólogo pode apoiar tecnicamente na “orientação nos trabalhos de resgate de vítimas”; e também auxiliar nas “orientações quanto ao retorno das atividades e da população”.

Pode-se dizer que todas as atividades apresentadas como possibilidade de apoio técnico a ser realizado por um geólogo em campo em um desastre geológico foram consideradas factíveis e tiveram grande margem de aceitação pelos especialistas consultados. Certamente nem em todo desastre será necessária a realização de todas as ações apresentadas, cada desastre tem a sua necessidade e características particulares, mas é preciso que se conheça o que se pode fazer para apoiar tecnicamente a operação de resposta aos desastres e assim ajudar a comunidade afetada. É evidente que as Geociências podem e devem contribuir, com qualidade e segurança, no momento da resposta, visando a sua melhoria. Corroborando com esta premissa o trabalho de Naithani e Sundriyal (2007, pág. 68) afirma que “um geólogo, com seu melhor conhecimento das condições do solo, está em melhor posição para atender a comunidade”.

Além das atividades listadas no questionário também foi ressaltado pelos especialistas a necessidade de maior participação deste profissional nas atividades de Preparação, em especial: (1) na elaboração dos planos preventivos / de contingência / de emergência assim como; (2) maior participação nos simulados e treinamentos, tanto

na criação desses exercícios quanto no treinamento de fato. Ou seja, é preciso que tanto o profissional em si quanto as instituições de geologia participem mais ativamente nas ações de Preparação, para que assim se possa efetivamente aumentar e aprimorar a capacidade de resposta e consequentemente contribuir para a diminuição do sofrimento das pessoas afetadas pelo desastre.

4.4. Acionamento e mobilização destes profissionais

Em relação ao acionamento e mobilização destes profissionais no Brasil, comumente os profissionais de geologia e geociências que atuam em desastres são funcionários públicos, ou seja, trabalham em instituições públicas – mas não necessariamente nas Defesas Civas. Considerando este cenário, um dos questionamentos tratou do acionamento e mobilização destes profissionais – se este deve ocorrer de maneira voluntária (uma decisão pessoal) ou obrigatória (uma resolução institucional). 65% dos entrevistados entendem que o acionamento e participação desses profissionais devem ocorrer de forma obrigatória, enquanto 35% avaliam que deve ser uma participação voluntária.

Essa questão se faz relevante, pois existem prós e contras em cada tipo de participação – a obrigatória ou a voluntária. Conforme foi tratado anteriormente, entende-se que é necessário um determinado perfil de habilidades interpessoais para atuar de maneira satisfatória em um ambiente de desastre. Essa questão é importante tanto para a execução das atividades em si, quanto, em especial, considerando a saúde mental do profissional que estará exposto a este ambiente altamente estressante e potencialmente traumático. Alguns estudos abordam especificamente esta questão da saúde mental com a perspectiva das equipes que atuam na resposta, tais como os trabalhos de Benedeck *et al.* (2007) e Rafaloski *et al.* (2020), dentre outros.

Visto isso, quando se tem a participação “obrigatória” se considerará todos os profissionais, incluindo todas as personalidades, individualidades, habilidades interpessoais e de certa maneira até mesmo o “comprometimento” com

o trabalho. Por outro lado, tem-se à disposição uma quantidade maior de profissionais para o pronto-emprego. Já quando a participação ocorre de maneira voluntária, entende-se que a pessoa está plenamente ciente do tipo de trabalho a ser realizado e das condições presentes no ambiente. Há um sentimento de “missão”, um comprometimento e responsabilidades intrínsecas a esses profissionais. Contudo, considerando a existência de mega desastres, com ocorrências generalizadas, se faz necessário uma maior quantidade de profissionais disponíveis imediatamente, e muito possivelmente neste caso isso não ocorrerá.

Ainda neste tópico, compreendendo que a coordenação da resposta a um desastre dependerá da magnitude do evento perigoso e da capacidade de resposta da localidade afetada, a responsabilidade quanto a esta coordenação poderá caber a diferentes entes federativos (governos municipais, estaduais e federal). Contudo, considerando o fato de que não existem tantos profissionais com competência técnica, perfil adequado e experiência para atuar em situações de emergência, seja atuando em campo ou no gabinete de crise, e que as equipes técnicas dos poucos órgãos de geologia existentes normalmente são reduzidas, foi também perguntado se, no entendimento do especialista que respondeu ao questionário, seria possível criar um tipo de protocolo (ou outro instrumento) onde esses profissionais de diferentes órgãos (independentemente do nível federativo) se cadastrariam (em acordo com as suas respectivas instituições de origem) para serem acionados, mobilizados e atuarem juntos quando ocorrer um desastre. Dos 72 participantes, 68 responderam que sim (95%) demonstrando expressiva concordância na questão. Em um cenário o qual esse protocolo exista cerca de 60% dos entrevistados entendem que a esfera federal deveria coordenar esta equipe de apoio técnico.

Considerando a ocorrência de tantos desastres, e devido a razões naturais e antrópicas, observamos que os de grande magnitude estão mais frequentes, entende-se como vital a necessidade da criação – ou aprimoramento – de protocolos de atuação conjunta com o objetivo cerne de aprimorar a capacidade de resposta. Esses protocolos poderão cadastrar previamente profissionais com conhecimentos, habilidades, expertises específi-

cas independentemente da esfera de governo, ou até mesmo de outro tipo de instituição (incluindo instituições de ensino e pesquisa), para atuarem de forma articulada e coordenada de acordo com a necessidade do desastre. Em especial, considerando os megadesastres, é preciso que o Estado coloque todo o seu potencial para atuar e assim prover a melhor resposta possível, auxiliando no alívio do sofrimento da população afetada.

Atualmente o que se se tem mais próximo desse propósito no Brasil é o Grupo de Apoio a Desastres (GADE) que sob coordenação do Centro Nacional de Gerenciamento de Riscos e Desastres (CENAD) da Secretaria Nacional de Proteção e Defesa Civil do Ministério da Integração e do Desenvolvimento Regional (BRASIL, 2021). É previsto em seu decreto de criação que esta equipe pode ser composta tanto por agentes de proteção e defesa civil de todo país quanto por “profissionais com formação nas áreas de conhecimento científico relevantes para o gerenciamento de cada espécie de riscos e de desastres”. Recentemente na publicação do “Plano dos 100 dias” do mesmo ministério uma das ações propostas pela Secretaria Nacional de Proteção e Defesa Civil trata da modernização e reestruturação do GADE e outra acerca da criação de um plano para instituir a “Estratégia Federal de Preparação e Resposta a Desastres” (MIDR, 2023).

Cabe salientar que é desejável, conforme apontado por alguns participantes ao longo do questionário, que o protocolo seja institucionalizado, estando em consonância com as instituições de origem dos especialistas, mas que o acionamento e a mobilização desses profissionais sejam o menos burocrático e o mais célere possíveis para que assim as equipes possam chegar o quanto antes ao local do desastre. É essencial que neste documento fique claro as possíveis atividades a serem realizadas pelas equipes e que após cada desastre sejam revistas e avaliadas, pois se tratará de um documento dinâmico e em contínuo aperfeiçoamento. Importante ressaltar que tão necessário quanto a criação de um protocolo de atuação conjunta é a realização periódica de treinamentos e simulados entre os atores em questão. O objetivo desses exercícios é a capacitação e aprimoramento das equipes bem como a avaliação e revisão de

todo o protocolo em concordância com os Planos de Emergências existentes.

4.5. Planos e protocolos existentes

Acerca deste item foi perguntado aos especialistas se os planos de Emergência e Contingência conhecidos no Brasil - considerando os desastres geohidrometeorológicos - deixam claro as ações a serem desempenhadas por profissionais das geociências e/ou as instituições responsáveis por estas ações, Cerca de 64% responderam que não deixa claro ou explícito. Também foram consultados se estes instrumentos são completos e quando da ocorrência de um desastre são aplicados de maneira satisfatória. Mais de 50% dos entrevistados avaliaram que não são completos, ficando visível quando ocorre um desastre, ou seja, esse tipo de observação expressa a necessidade de revisão e aprimoramento desses documentos.

As diversas observações e ponderações acerca deste tema convergem e apontam para cinco “deficiências” dos planos de emergência e contingência considerados¹:

- i. em sua maioria, os planos são generalistas, teóricos (pouco práticos) e muitas vezes desconexos com a real capacidade de resposta existente;
- ii. na prática observa-se pouca articulação e integração entre as instituições participantes;
- iii. frequente rotatividade das pessoas envolvidas e conseqüente descontinuidade das ações e esforços realizados;
- iv. ausência de equipes multidisciplinares, incluindo a participação dos geocientistas, na elaboração dos planos;
- v. carência de reuniões, treinamentos e simulados para melhor conhecimento, capacitação e aprimoramento dos profissionais envolvidos e de todo o sistema em si.

1 Foram considerados principalmente os seguintes documentos (mas não se limitando apenas a esses): o Plano Preventivo de Defesa Civil (PPDC) de SP, o Plano de Emergência (PEM) do RJ, os Protocolos de Atuação Conjunta (PAC) de SC, o Plano de Emergência Pluviométrica (PEP) de MG e o Plano Estadual de Proteção e Defesa Civil (PEPDEC) do ES.

Ainda que muitos planos sinalizem quais instituições podem vir a participar no momento da resposta ao desastre, ou indiquem a necessidade de “apoio técnico”, os documentos considerados não deixam claro nem quais profissionais especializados são necessários (geólogos, engenheiros e outros) e menos ainda quais as ações e atividades a serem desempenhadas por estes. O trabalho de Silva *et al.* (2023, não publicado) faz uma análise específica sobre este ponto.

Foi levantado ainda por alguns participantes que, em muitos casos, os planos beiram ao “idealismo” o que os tornam não factíveis quando ocorre uma emergência, considerando a realidade dos municípios brasileiros e a verdadeira capacidade de resposta existente. É necessário que se conheça efetivamente os recursos materiais e humanos disponíveis para que se dimensione adequadamente as potenciais demandas em uma resposta a desastre, ponderando para os diferentes tipos de eventos perigosos.

Cabe dizer que a elaboração de Planos de Contingência de Proteção e Defesa Civil é previsto na Lei Federal 12.608 (BRASIL, 2012), contudo muitos municípios ainda não dispõem desse instrumento. De acordo com o Tribunal de Contas do Estado de São Paulo, apenas 237 dos 645 municípios paulistas têm um Plano de Contingência de Defesa Civil para desastres, representando menos de 40% das cidades do estado (Lucena, 2022).

4.6 Gargalos e dificuldades existentes

Acerca dos principais gargalos existentes que dificultam o avanço da temática de Gerenciamento de Risco e Gestão de Desastres (em particular no Brasil) foram considerados cinco fatores distintos: técnico, institucional, orçamentário, político e jurídico. A escolha desses fatores se baseou na experiência profissional dos autores considerando a realidade brasileira.

A pesquisa mostrou que o fator “político” é considerado o principal entrave para que haja um melhor entendimento e aplicação dos conhecimentos em Gestão de Riscos e Desastres enquanto o fator “técnico” é o menor obstáculo para isso. Justamente esses dois fatores foram os que apresentaram a maior concordância entre os especia-

listas quanto a sua influência na dificuldade para o melhor desenvolvimento da Gestão de Risco e Desastres. A figura 5 apresenta um gráfico que ilustra a resposta dos 72 especialistas que partici-

param do questionário, onde foram dados pesos para os fatores já citados, sendo peso 1 o maior obstáculo (ou maior desafio) e peso 5 o menor.

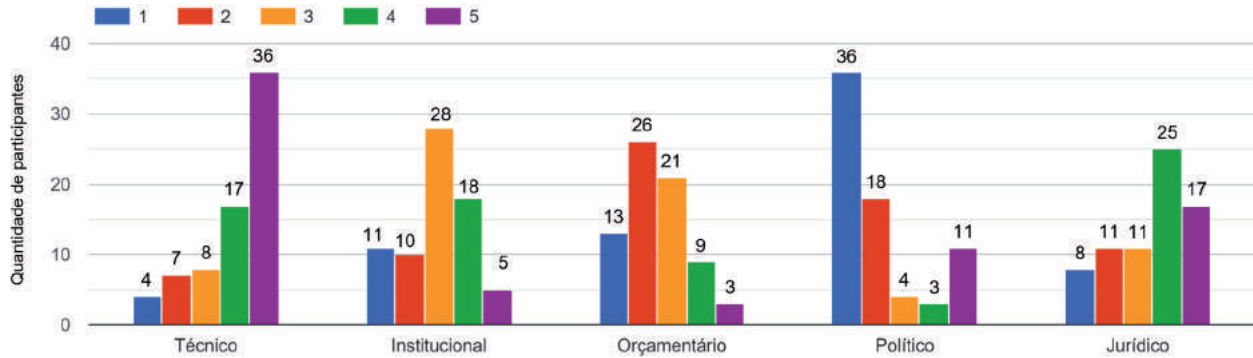


Figura 5 – Distribuição hierárquica dos fatores que podem dificultar ou ser um desafio para o avanço da Gestão de Risco e Desastres sendo peso 1 para o maior desafio até peso 5 o que foi considerado o menor obstáculo dentre os 72 especialistas participantes da pesquisa. O número indicado na tabela corresponde à quantidade de participantes que atribuiu aquele peso para o fator em questão.

De acordo com este resultado observa-se a seguinte sequência do “maior” para o “menor” entrave para o avanço das políticas de Gestão de Risco e Desastres: Político > Orçamentário > Institucional > Jurídico > Técnico.

75% dos participantes deram peso 1 ou 2 para o fator Político indicando com expressividade a percepção e avaliação coletiva do quanto se precisa avançar em Governança de Riscos e Desastres. O desenvolvimento de metodologias e a criação de novas tecnologias são muito bem-vindos, mas enquanto a sociedade não construir uma governança séria, comprometida, eficiente, íntegra e contínua infelizmente ainda testemunharemos grandes desastres com lamentáveis números de vítimas e quantidades significativas de danos e prejuízos.

Uma das discussões existentes dentre os profissionais das geociências que atuam na preparação e na resposta a desastres diz respeito ao amparo legal para execução das suas atividades, se o que existe é suficiente ou não. Em uma das questões do questionário acerca deste tópico, 80% dos participantes responderam que “não”, que o geocientista não possui amparo legal suficiente para exercer com segurança e tranquilidade suas atividades em especial nas emergências. O trabalho de Silva *et al.* (2023) aborda essa discussão quanto

à lacuna existente no que diz respeito aos aspectos legais da atuação do geólogo em operações de desastres e como isso pode vir a afetar a gestão de desastres.

As respostas dos especialistas no questionário ainda aprofundam a discussão quanto à necessidade de uma legislação específica que melhor regularmente e ampare as ações técnicas dos profissionais atuantes na gestão de desastres (não apenas para os geocientistas), de forma a incluir também: questões como a segurança em campo (utilização de equipamentos de proteção individual obrigatórios), remuneração adicional por periculosidade ou insalubridade, períodos adequados de trabalho e de descanso, seguro de vida, apoio psicológico, apoio jurídico (se necessário), dentre outros quesitos.

Especificamente quanto à remuneração adicional, cerca de 82% dos participantes responderam desconhecer alguma instituição que pratique qualquer tipo de remuneração adicional por participação em atendimentos emergenciais de desastres. Sobre este ponto, cabe salientar que apesar de uma bonificação financeira poder ser considerada como um “incentivo” à participação de um profissional em uma equipe de resposta a desastres, ela deveria ser prevista por uma questão de

justiça e reconhecimento, uma vez que estes profissionais se expõem em situações de risco comprometidos e motivados por um propósito maior de salvar vidas e aliviar o sofrimento humano.

Ainda sobre o amparo legal para execução das atividades técnicas e científicas na preparação e resposta a um desastre, a pesquisa ainda citou o exemplo do caso, conhecido mundialmente, do terremoto de Áquila, na Itália, em 6 de abril de 2009 onde seis geocientistas italianos foram condenados (e posteriormente absolvidos) por homicídio culposo por “falha” na previsão do terremoto e na comunicação do risco (Alexander, 2014; Mora, 2014), e questionou aos participantes, com base na expertise de cada um, sobre qual tipo de “problema” legal este profissional poderia vir a ter, em especial considerando a atuação num contexto de desastre, onde se espera que as ações e avaliações sejam céleres e precisas (ainda que realizadas de forma expeditas e emergenciais). 75 % dos participantes consideraram possível que um profissional seja indiciado por algum tipo de “omissão” na execução de alguma atividade; 56% por alguma espécie de “morosidade” seja na execução de alguma atividade e/ou na entrega de algum produto; 53% dos participantes acreditam na possibilidade de indiciamento por algum tipo de “irregularidade” na realização do apoio técnico; e 48% em algum tipo de “óbice” tanto nas ações de preparação quanto nas ações de resposta.

Este resultado mostra a fragilidade jurídica na qual se encontram os profissionais que atuam em desastres, não apenas das geociências, e expressa a necessidade de criação de normas, procedimentos e protocolos. Isso se justifica por razões distintas, como por exemplo:

1. qualificação dos profissionais – a definição das ações, competências e responsabilidades comuns às atividades de preparação e resposta a desastres permite uma melhor preparação e qualificação dos profissionais uma vez que se tenha conhecimento exato das suas atribuições e no que é preciso aprimorar e evoluir;
2. segurança institucional – as instituições técnicas e seus gestores ficam expostos e vulneráveis a quaisquer interpretações dos órgãos de controle e da justiça, onde muitas das vezes não há um correto en-

tendimento quanto às incertezas e imprevisibilidades inerentes aos processos geodinâmicos e à atuação em um contexto de emergência;

3. segurança trabalhista – conforme já mencionado, questões como segurança e proteção em campo, remuneração justa, jornada de trabalho, seguro de vida, etc.;
4. coibição de “aventureiros” e oportunistas – com o devido esclarecimento e regulamentação de quem faz o quê, das necessidades e competências, bem como dos direitos e deveres, previsto tanto institucionalmente quanto profissionalmente, o surgimento e participação de pessoas ou instituições que por razões diversas, queiram “aparecer” e se aproveitar do desastre seriam coibidas;
5. padrões mínimos de qualidade das atividades realizadas e dos produtos gerados – o estabelecimento do que se espera minimamente quanto à qualidade técnica das ações desempenhadas e dos produtos gerados dificultaria a realização de ações desordenadas (e de qualidade aquém do necessário) ou ainda a elaboração de produtos que não atendam a demanda de fato.

Importante destacar que a construção desses instrumentos normativos requer múltiplos esforços e deve contar com intensa participação de profissionais da área em questão, envolvendo diferentes perspectivas, incluindo os conselhos de classe, com expertise e conhecimento, ponderando as especificidades da atuação emergencial e as particularidades das geociências, da geotecnia e das avaliações de riscos, no tocante às incertezas, imprevisibilidades e probabilidades associadas. Cabe dizer ainda que se entende que estes instrumentos devem ter como premissas facilitar, amparar e proteger esses profissionais e não limitar, engessar e/ou burocratizar a sua atuação.

Por fim, duas questões apontadas pelos especialistas acerca deste tema são: (1) a ausência de uma assessoria jurídica institucional que preste apoio tanto aos gestores quanto aos técnicos - sejam nas ações de Gestão de Risco como na atuação em emergências e desastres; (2) e a necessidade de

uma melhor relação com promotores e defensores públicos e juízes, cabendo orientações e esclarecimentos, pois muitas vezes as avaliações de risco e demais produtos são questionados e se percebe um desconhecimento do tema, o que acaba prejudicando todo o processo.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Por mais que sejam realizados esforços, tanto na prevenção quanto em medidas mitigadoras de risco, infelizmente os desastres vão continuar ocorrendo. Por esta simples razão se faz necessário investir em conhecimento, tecnologia e recursos (humanos e financeiros) tanto na Preparação quanto na Resposta a desastres. Todo o conjunto de ações realizadas na Preparação, incluindo planejamento e treinamentos, impacta diretamente na qualidade da Resposta. Ou seja, quanto mais bem preparado, maior (e melhor) será a capacidade de resposta para o enfrentamento do desastre. Por isso, entende-se que é preciso buscar continuamente a excelência em todas essas ações, e esse “sentimento” deve ser uma constante para todos aqueles que se dedicam ao tema.

Com isto em mente, buscou-se com este trabalho fomentar a discussão sobre a importância dos geocientistas, em especial do geólogo, na linha de frente das ações de resposta a um desastre, principalmente nos desastres geohidrometeorológicos. É importante que este entendimento seja cada vez mais compreendido e difundido, com o intuito de aumentar a participação destes profissionais e das instituições técnicas afins nas ações de Preparação e Resposta a desastres, pois infelizmente isso ainda, em diversos casos, ocorre de maneira muito incipiente ou é até mesmo inexistente.

A aplicação do questionário, considerando a participação e contribuição de especialistas que são referência em Gestão de Riscos e Desastres no Brasil, foi fundamental para atingir este objetivo. O resultado desse trabalho possibilitou ratificar pontos de vista, bem como realizar apontamentos interessantes e pertinentes ainda pouco debatidos.

Quanto às possibilidades de apoio técnico a ser realizado pelos geólogos, em especial nos trabalhos de campo, na resposta a um desastre geohidrometeorológico apresentados neste estudo, não esgotam as formas às quais as geociências

podem (e devem) contribuir e participar em um desastre, apenas são pontos de partida para consideração e discussão (e se possível aplicação) entre os pesquisadores e os praticantes.

Acerca do protocolo de atuação conjunta, a reestruturação do GADE, atualmente em curso na Secretaria Nacional de Proteção e Defesa Civil, é absolutamente oportuna e necessária, indo ao encontro de uma das questões abordadas neste trabalho. Além deste protocolo, é imprescindível que também seja discutida, por toda a área afim, a criação de normas específicas que amparem a execução da profissão em contexto de emergências e desastres.

Por fim, cabe ressaltar que é fundamental que haja uma maior sinergia, integração e cooperação entre as áreas e instituições que atuam - ou podem vir a atuar - na gestão do desastre. Em países onde desastres geohidrometeorológicos são frequentes, tal qual o Brasil, o profissional das geociências - assim como as instituições técnicas de geologia - precisam participar mais ativamente desse processo. E para isso, é preciso que se evolua em Gestão de Riscos e Desastres, de maneira estruturada, coordenada e participativa, para que seja possível, efetivamente, prevenir riscos e reduzir as consequências dos desastres - e aumentar a preparação e a capacidade de resposta fazem parte disso. Não restam dúvidas que as Geociências podem apoiar técnica e cientificamente nas operações de emergências e desastres contribuindo no alívio do sofrimento humano e salvar vidas.

AGRADECIMENTOS

Os autores gostariam de agradecer a todos os profissionais que doaram seu tempo e compartilharam seu conhecimento e experiência respondendo ao questionário, contribuindo assim valiosamente para o desenvolvimento deste trabalho.

REFERÊNCIAS

ALEXANDER, D. E. Book abstract: how to write an emergency plan. **Health in Emergencies and Disasters Quarterly**, Tehran, v. 1, n. 4, p. 215-224, 2016. DOI: <https://doi.org/10.18869/nrip.hdq.1.4.215>.

ALEXANDER, D. E. Communicating earthquake risk to the public: the trial of the "L'Aquila Seven". **Natural Hazards**, Dordrecht, v. 72, p. 1159-1173, 2014. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11069-014-1062-2>.

ALEXANDER, D. E. **Principles of emergency planning and management**. New York: Terra Publishing, 2002.

ALTAY, N.; GREEN, W. G. OR/MS research in disaster operations management. **European Journal of Operational Research**, Amsterdam, v. 175, n. 1, p. 475-493, 2006. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ejor.2005.05.016>.

ARAÚJO, B. S. **Administração de desastres: conceitos e tecnologias**. 3. ed. Taubaté: Sygma SMS, 2012.

BACK, A. G. Política Nacional de Proteção e Defesa Civil: avanços e limites na prevenção de desastres. **Revista Agenda Política**, São Carlos, v. 4, n. 1, p. 85-111, 2016.

BENEDEK, D.M.; FULLERTON, C.; URSANO, R.J. First responders: mental health consequences of natural and human-made disasters for public health and public safety workers. **Annu Rev Public Health**, Vol. 28, p.55-68, 2007. DOI: <https://doi.org/10.1146/annurev.publhealth.28.021406.144037>.

BRASIL. **Decreto nº 10.593, de 24 de dezembro de 2020**. Dispõe sobre a organização e o funcionamento do Sistema Nacional de Proteção e Defesa Civil e do Conselho Nacional de Proteção e Defesa Civil e sobre o Plano Nacional de Proteção e Defesa Civil e o Sistema Nacional de Informações sobre Desastres. Brasília, DF: Presidência da República, 2020. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2019-2022/2020/decreto/d10593.htm. Acesso em: 23 jun. 2023.

BRASIL. **Decreto nº 10.689, de 27 de abril de 2021**. Institui o Grupo de Apoio a Desastres no âmbito do Ministério do Desenvolvimento Regional. Brasília, DF: Presidência da República, 2021. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2019-2022/2021/decreto/d10689.htm. Acesso em: 23 de junho 2023.

BRASIL. **Lei Federal nº 12.608, de 10 de abril de 2012**. Institui a Política Nacional de Proteção e Defesa Civil - PNPDEC; dispõe sobre o Sistema Nacional de Proteção e Defesa Civil - SINPDEC e o Conselho Nacional de Proteção e Defesa Civil - CONPDEC; autoriza a criação de sistema de informações e monitoramento de desastres; altera as Leis nºs 12.340, de 1º de dezembro de 2010, 10.257, de 10 de julho de 2001, 6.766, de 19 de dezembro de 1979, 8.239, de 4 de outubro de 1991, e 9.394, de 20 de dezembro de 1996; e dá outras providências. Brasília, DF: Presidência da República, 2012. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2011-2014/2012/lei/l12608.htm. Acesso em: 23 jun. 2023.

BRASIL. Ministério da Integração Nacional. Secretaria Nacional de Proteção e Defesa Civil. **Módulo de formação: noções básicas em proteção e defesa civil e em gestão de riscos: livro base**. Brasília, DF: Ministério da Integração Nacional, 2017.

BRASIL. Ministério das Cidades. Instituto de Pesquisas Tecnológicas. **Mapeamento de riscos em encostas e margem de rios**. Brasília, DF: Ministério das Cidades, 2007.

CARTER, W. N. **Disaster management: a disaster manager's handbook**. Mandaluyong City: Asian Development Bank, 2008.

COPPOLA, D. P. **Introduction to international disaster management**. 3rd ed. Oxford: Butterworth-Heinemann, 2015. DOI: <https://doi.org/10.1016/C2014-0-00128-1>.

COMPANHIA DE PESQUISA DE RECURSOS MINERAIS (CPRM). PIMENTEL, J.; SANTOS, T. D. (coord.) **Manual de mapeamento de perigo e risco a movimentos gravitacionais de massa: Projeto de Fortalecimento da Estratégia Nacional de Gestão Integrada de Desastres Naturais: Projeto GIDES**. Rio de Janeiro: CPRM/SGB, 2018.

CURTIS, J. C. The role of the technical specialist in disaster response and recovery. *In: AMERICAN GEOPHYSICAL UNION FALL MEETING*, 2017, New Orleans. **Proceedings** [...]. Washington, DC: AGU, 2017. abstract #NH51A-0113.

Disponível em: <https://ui.adsabs.harvard.edu/abs/2017AGUFMNH51A0113C/abstract>. Acesso em: 23 jun. 2023.

CURTIS, J. C. Welcome to the Incident Management Team!. *In: AMERICAN GEOPHYSICAL UNION FALL MEETING 2019, San Francisco. Proceedings* [...]. San Francisco: AGU, 2019. abstract #NH31F-0904. Disponível em: <https://ui.adsabs.harvard.edu/abs/2019AGUFMNH31F0904C/abstract>. Acesso em: 23 jun. 2023.

DUTRA, A. S. Outras perspectivas para o exercício profissional de assistentes sociais na gestão de desastres. *In: ENCONTRO NACIONAL DE PESQUISADORES EM SERVIÇO SOCIAL, 16., 2018, Vitória. Anais* [...]. Vitória: Universidade Federal do Espírito Santo, 2018.

EUROPEAN COMMISSION. **Disaster preparedness**: DG ECHO guidance note. Brussels: European Civil Protection and Humanitarian Aid Operations, 2021. Disponível em: https://civil-protection-humanitarian-aid.ec.europa.eu/resources-campaigns/policy-guidelines_en. Acesso em: 23 jun. 2023.

FROMENT, R. *et al.* Use of earth observation satellites to improve effectiveness of humanitarian operations. *In: RELIEFWEB*. [S. l.], 3 Dec. 2020. Disponível em: <https://reliefweb.int/report/world/use-earth-observation-satellites-improve-effectiveness-humanitarian-operations>. Acesso em: 23 jun. 2023.

GANDHI, P. A. Inevitability of civil engineering in a perfectly preplanned disaster management. **Multidisciplinary International Research Journal of Gujarat Technological University**, Ahmedabad, v. 4, n. 1, p. 15-34, 2022. Disponível em: <https://researchjournal.gtu.ac.in/News/2.ENG2021125.pdf>. Acesso em: 23 jun. 2023.

HADDOW, G.; BULLOCK, J.; COPPOLA, D. **Introduction to emergency management**. 3rd ed. Oxford: Butterworth-Heinemann, 2008.

IBRAHIM, S. Y. *et al.* Atuação profissional e desastres: limites e recomendações. **Vértices**, Campos dos Goytacazes, v. 23, n. 1, p. 256-283,

2021. DOI: <https://doi.org/10.19180/1809-2667.v23n12021p256-283>.

INTERNATIONAL FEDERATION OF RED CROSS (IFRC). **Introduction to disaster preparedness**: disaster preparedness training programme. Geneva: IFRC, 2000. Disponível em: https://www.preventionweb.net/files/2743_Introdp.pdf. Acesso em: 23 jun. 2023.

INTERNATIONAL FEDERATION OF RED CROSS (IFRC). **Introduction to the Guidelines for the domestic facilitation and regulation of international disaster relief and initial recovery assistance**. Geneva: IFRC, 2017. Disponível em: https://disasterlaw.ifrc.org/sites/default/files/media/disaster_law/2020-09/1205600-IDRL-Guidelines-EN-LR.pdf. Acesso em: 23 jun. 2023.

KEENEY, G. B. Disaster preparedness: what do we do now?. **Journal of Midwifery & Women's Health**, New York, v. 49, n. 4, p. 2-6, 2004. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jmwh.2004.05.003>.

KUSUMASARI, B.; ALAM, Q.; SIDDIQUI, K. Resource capability for local government in managing disaster. **Disaster Prevention and Management**, Bradford, v. 19, n. 4, p. 438-451, 2010. DOI: <https://doi.org/10.1108/09653561011070367>.

LE COZANNET, G. *et al.* Space-based earth observations for disaster risk management. **Surveys in Geophysics**, [London], v. 41, p. 1209-1235, 2020. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10712-020-09586-5>.

LEIRAS, A. *et al.* Literature review of humanitarian logistics and disaster relief operations research. **Journal of Humanitarian Logistics and Supply Chain Management**, [s. l.], v. 4, n. 1, p. 95-130, 2014. DOI: <https://doi.org/10.1108/JHLSCM-04-2012-0008>.

LU, Y.; XU, J. The progress of emergency response and rescue in China: a comparative analysis of Wenchuan and Lushan earthquakes. **Natural Hazards**, Dordrecht, v. 74, p. 421-444, 2014. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11069-014-1191-7>.

LUCENA, L. Em São Paulo, apenas 237 municípios têm plano de contingência de Defesa Civil, afirma TCE. Assembleia Legislativa do Estado de São Paulo, 2022. Disponível em: <https://www.al.sp.gov.br/noticia/?22/02/2022/em-sao-paulo--apenas-237-municipios-tem-plano-de-contingencia-de-defesa-civil--afirma-tce>. Acesso em: 23 jun. 2023.

MINISTÉRIO DA INTEGRAÇÃO E DO DESENVOLVIMENTO REGIONAL (MIDR). **Plano dos 100 dias**. Brasília, DF: Ministério da Integração e do Desenvolvimento Regional, 2023. Disponível em: https://www.gov.br/mdr/pt-br/100-dias-de-governo_revisado.pdf. Acesso em: 23 jun. 2023.

MORA, S. La sentencia sobre el terremoto del 6 de abril de 2009 en L'aquila, Italia: lecciones para la gestión del riesgo en América Central. **Revista Geológica de América Central**, San José, n. 50, p. 113-137, 2014.

NAITHANI, A. K.; SUNDRIYAL, Y. P. Role of earth science in disaster management. In: SINGH, K. K. *et al.* (ed.). **Environmental degradation and protection**. New Delhi: MD Publications, 2007. v. 2, p. 32-71.

PARANHOS, M; BLANCA, W. Psicologia nas Emergências: uma Nova Prática a Ser Discutida. **Psicologia Ciência e Profissão**, 35, p. 557-571, 2015. DOI: <https://doi.org/10.1590/1982-370301202012>

RAFALOSKI, A.R.; *et al.* Saúde mental das pessoas em situação de desastre natural sob a ótica dos trabalhadores envolvidos. **Saúde em Debate**, Vol. 44 (spe2), 2020. DOI: <https://doi.org/10.1590/0103-11042020E216>

SHI, P. *et al.* Disaster risk science: a geographical perspective and a research framework. **International Journal of Disaster Risk Science**, [s. l.], v. 11, p. 426-440, 2020. DOI: <https://doi.org/10.1007/s13753-020-00296-5>.

SILVA, A. F.; MENDES, R. M.; DOURADO, F. (submetido) Gestão de desastres no Brasil: os

planos de emergência e contingência em esferas estaduais e as Geociências. **Ciência e Natura**, [2023].

SILVA, A. F.; *et al.* A atuação do profissional de Geologia nas operações de desastre - Aspectos legais. **Revista Eletrônica da OAB/RJ**. Edição Especial da Comissão de Direito dos Desastres e Defesa Civil. 2023.

SILVA, D. R. E. **Proposta conceitual de um sistema de gerenciamento de resposta a desastres**. 2015. Dissertação (Mestrado em Engenharia Industrial) - Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2015.

TEIXEIRA, L. G. P.; ABREU, A. E. S. de. Conceitos básicos sobre segurança em trabalhos de campo para cursos de graduação em Geologia e Engenharia Geológica. **Terrae Didactica**, Campinas, SP, v. 13, n. 3, p. 323-331, 2018. DOI: <https://doi.org/10.20396/td.v13i3.8651227>.

TIENEY, K. J. *et al.* **Facing the unexpected**: disaster preparedness and response in the United States. Washington, DC: Joseph Henry Press, 2001.

TYROLOGOU, P. *et al.* **Disaster risk reduction from natural hazards**: the role of geoscience. Brussels: European Federation of Geologists, 2015. Disponível em: https://eurogeologists.eu/wp-content/uploads/2017/07/advisory_document_22_11_2015.pdf. Acesso em: 23 jun. 2023.

UNITED NATIONS INTERNATIONAL STRATEGY FOR DISASTER REDUCTION (UNISDR). **2009 UNISDR terminology on disaster risk reduction**. New York UNISDR, 2009. Disponível em: https://www.unisdr.org/files/7817_UNISDRTerminologyEnglish.pdf. Acesso em: 23 jun. 2023.

UNITED NATIONS INTERNATIONAL STRATEGY FOR DISASTER REDUCTION (UNISDR). **Marco de Sendai para Redução do Risco de Desastres 2015-2030**. New York: UNISDR, 2015. Disponível em: https://www.unisdr.org/files/43291_63575sendaiframeworkp_ortunofficialf.pdf. Acesso em: 23 jun. 2023.

UNITED NATIONS OFFICE FOR DISASTER RISK REDUCTION (UNDRR). **Words into action guidelines**: enhancing disaster preparedness for effective response. New York: UNDRR, 2020. Disponível em: <https://www.undrr.org/enhancing-disaster-preparedness-effective-response>. Acesso em: 23 jun. 2023.

VARGAS, M. A. R. Reino da necessidade versus reino dos direitos: desafios e impasses ao assistente social em

contextos de desastres. In: SIQUEIRA, A. *et al.* (org.). **Riscos de desastres relacionados à água**. São Carlos: Rima, 2015.

WARFIELD, C. The disaster management cycle. In: GDRC Research Output. [S. l.], 2012. Disponível em: https://www.gdrc.org/uem/disasters/1-dm_cycle.html. Acesso em: 23 jun. 2023.

WORLD HEALTH ORGANIZATION (WHO). **Glossary of health emergency and disaster risk management terminology**. Geneva: WHO, 2020. Licence: CC BY-NC-SA 3.0 IGO.

DESAFIOS PARA OCUPAÇÃO DO ESPAÇO SUBTERRÂNEO URBANO

CHALLENGES ON THE OCCUPATION OF THE UNDERGROUND URBAN SPACE

GISLEINE COELHO DE CAMPOS

Engenheira Civil, Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo, gisleine@ipt.br

WILSON SHOJI IYOMASA

Geólogo, Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo, wsi@ipt.br

DANIEL SEABRA NOGUEIRA ALVES ALBARELLI

Geólogo, Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo, dseabra@ipt.br

PAULA SAYURI TANABE NISHIJIMA

Geóloga, Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo, ptanabe@ipt.br

FELIPE SCHAEFER SANTOS

Geólogo, Fundação de Apoio ao Instituto de Pesquisas Tecnológicas, felipess@ipt.br

RESUMO ABSTRACT

O uso e ocupação do subsolo da metrópole paulistana apresenta um crescimento indisciplinado em face à intensa utilização do espaço superficial ao longo dos anos. Ocorrências deletérias envolvendo as obras no subsolo podem resultar em impactos negativos na superfície, tanto sob o ponto de vista econômico quanto de segurança. O cadastro das interferências existentes no subsolo paulistano ainda é incipiente, e leis como a Lei Nº 16.255/2015 tentam dirimir este problema por meio da criação de bancos de dados georreferenciados, contendo detalhes dos projetos da infraestrutura urbana. Como orientação do *Emerald Book*, destaca-se a importância do compartilhamento de informações entre Empreiteiros, Contratantes e Projetistas de diferentes empreendimentos. Em contrapartida, apesar da evolução dos métodos investigativos, não é visto no país um conjunto de diretrizes que possa orientar, de forma quantitativa, a elaboração de Planos de Investigação para a elaboração de projetos de empreendimentos em subsuperfície. Este artigo não almeja estabelecer novos parâmetros quantitativos, mas apontar a necessidade de flexibilidade quanto à programação das investigações correlacionadas à cada fase de projeto. A existência de um GBR (*Geotechnical Baseline Report*), atrelado ao contrato, estimula o contratante a dedicar parte dos custos de construção (de 3 a 10%, em geral) às investigações mais completas acerca das condições do maciço

The use and occupation of the subsoil in São Paulo city present an unorganized growth in face of the intense occupation of surface space over the years. Deleterious occurrences involving underground works can result in negative impacts on the surface, both from an economic and safety point of view. The registration of existing interferences in the São Paulo underground is still incipient, and laws such as Law No. 16,255/2015 try to solve this problem by creating a georeferenced database, containing details of urban infrastructure projects. As a guideline from Emerald Book, the importance of sharing information between Contractors and Designers of different projects is highlighted. On the other hand (despite the evolution of investigative methods), there isn't a set of guidelines that can guide, in a quantitative way, the elaboration of Investigation Plans for projects in the subsurface. This article does not aim to establish new quantitative parameters but to point out the need for flexibility regarding the scheduling of investigations correlated to each project phase. The existence of a GBR (*Geotechnical Baseline Report*), linked to the Contract, encourages the Contractor to dedicate part of the construction costs (from 3 to 10%, in general) to more complete field investigations site of the construction and its surroundings. In order to predict and avoid possible negative impacts arising

do sítio de instalação do empreendimento e de suas imediações. Para prever e evitar possíveis impactos negativos decorrentes da construção de empreendimentos no subsolo, a instalação de uma campanha de instrumentação geotécnica também se faz necessária. No entanto, no Brasil, a definição de níveis de referência destes instrumentos e a metodologia de leitura carecem de uma atenção especial, principalmente em relação às tendências de deformações do maciço, levando-se em consideração todas as etapas da obra, inclusive antes do início das escavações. Ressalta-se que se faz premente a evolução nos conceitos de Investigações do Subsolo e Instrumentações Geotécnicas, relacionando-as a um banco de dados de interferências georreferenciado e consistente, de fácil acesso e que possa ser consultado pelos responsáveis dos empreendimentos estabelecidos no subsolo.

Palavras-chave: Investigação do Subsolo; Espaço Subterrâneo; Túnel; Instrumentação

1. INTRODUÇÃO

De acordo com dados da Pesquisa Nacional por Amostra de Domicílios- PNAD, do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2015), a maior parte da população brasileira, aproximadamente 85%, vive em áreas urbanas. Quando se analisam os dados apenas da região sudeste do país, esse percentual supera 93%. Esse intenso processo de urbanização no Brasil gerou o fenômeno da metropolização (ocupação urbana que ultrapassa os limites das cidades) e, consequentemente, o desenvolvimento de grandes centros metropolitanos, como o de São Paulo.

O adensamento urbano requer investimentos em infraestrutura, que envolvem desde a construção de redes de água, esgoto, energia elétrica, meios de transporte e até vias públicas com capacidade de absorver o tráfego de veículos de carga e de passeio. Em face da intensa ocupação do espaço superficial e da necessidade cada dia maior de soluções sustentáveis e integradas ao meio ambiente, cresce o uso e ocupação dos espaços subterrâneos. Adutora de água tratada, interceptores de esgotos, túneis de linhas metroviárias, estacionamentos, galerias de águas pluviais, entre diversas outras estruturas, passam a disputar o espaço subterrâneo de grandes centros urbanos.

from the construction of underground projects, the installation of a geotechnical instrumentation program is also necessary. However, in Brazil, the definition of reference levels for these instruments and the reading procedures require special attention, mainly in relation to the deformation trends of the soil, taking into account all stages of the work, including the phase before the excavations works. It should be noted that there is an urgent need for evolution in the concepts of Subsoil Investigations and Geotechnical Instrumentation, through a georeferenced and consistent interference database, easily accessible and that can be consulted by those responsible for undertakings established underground.

Keywords: *Subsurface Investigation; Underground Space; Tunnel; Instrumentation*

Em termos de regulamentações, tem-se o Plano Diretor Estratégico do Município de São Paulo, de 31 de julho de 2014 (PMSP, 2014), que orienta o desenvolvimento e o crescimento da cidade de forma planejada. O Plano Diretor se destaca no sentido de orientar a política de ordenamento e expansão das cidades, visando atender às necessidades coletivas de toda a população, e garantir uma cidade mais equilibrada, inclusiva, ambientalmente responsável e com qualidade de vida. As leis, associadas às restrições e necessidades construtivas, acabam moldando muito a arquitetura das cidades e das edificações, tanto em forma estética, quanto em função.

Além do Plano Diretor, destaca-se o Estatuto das Cidades (última atualização em fev/2008), o qual especifica, em seu artigo 21, que o “direito de superfície abrange o direito de utilizar o solo, o subsolo ou o espaço aéreo relativo ao terreno, na forma estabelecida no contrato respectivo, atendida a legislação urbanística”. No entanto, nesses documentos não constam diretrizes e orientações para o uso do subsolo, diferentemente do que ocorre para os espaços em superfície (Bitar et al. 2000). Esse problema já fora reportado por alguns autores; Campos et al. (2006) destacaram que, para enfrentar a crescente demanda de infraestrutura, seria necessário que

“[...] o Poder Público promova as regulamentações legais e um plano diretor, fundamentados nas características geológico-geotécnicas locais e no desenvolvimento de pesquisas geotecnológicas nas universidades e institutos de pesquisa, sob o conceito da sustentabilidade.”

Passados mais de 16 anos da publicação supracitada, verifica-se que poucos foram os avanços no sentido de disciplinar o uso do espaço subterrâneo e, como resultado, verifica-se o crescente número de ocorrências deletérias envolvendo obras subterrâneas, com consequentes impactos na vida em superfície. Campos & Iyomasa (2014) destacam algumas das lições aprendidas com as ocorrências em meio urbano, destacando o importante papel da investigação das características geológico-geotécnicas do subsolo.

Como exemplos de impactos negativos de problemas com obras subterrâneas na cidade de

São Paulo, pode-se citar o recente colapso parcial das obras da Linha 6 do metrô (**Figura 1**), que interrompeu o tráfego em uma das vias mais movimentadas da cidade por alguns dias e, também, uma cavidade aberta em via pública em decorrência do rompimento de uma adutora (**Figura 2**). Outros casos podem ser encontrados em bibliografia técnica, destacando-se Campos et al. (2000, 2008 e 2014), com relatos de casos na cidade de São Paulo e suas principais lições para o meio técnico.

Faz-se, portanto, premente que haja um disciplinamento do uso do subsolo e em particular, diretrizes para investigação e análise do comportamento dos maciços de solos e rochas, temas esses discutidos no presente artigo para obras de túneis rodoviários e metroferroviários.



Figura 1 – Vista aérea da região do colapso das obras da Linha 6 do metrô de São Paulo. Fonte: Portal G1 (2022).
Data de publicação da matéria: 09/02/2022.



Figura 2 – Vista de cavidade aberta em via pública. Fonte: Portal G1 (2020). Data de publicação da matéria: 07/12/2020.

2. SÃO PAULO EM NÚMEROS

Dados do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE (2015) indicam que a cidade de São Paulo ocupa uma área territorial superior a 1,5 mil km², abrigando uma população que supera 12 milhões de habitantes. Com Índice de Desenvolvimento Humano – IDH da ordem de 0,8, São Paulo ocupava o 28º lugar no ranking das cidades brasileiras no ano de 2010.

Para atender esta imensa população, milhares de quilômetros de redes e diversas estruturas subterrâneas são encontrados no município. Como exemplo, dados do IBGE (2022) indicam

que mais de 93% da população conta com sistema de esgotamento sanitário, o que exige a presença de milhares de quilômetros de coletores, emissários e interceptores.

A **Tabela 1** apresenta alguns dados numéricos de consumo e de redes de infraestrutura da cidade, evidenciando o quão importante se faz o uso e ocupação do espaço subterrâneo para a ampliação dos diferentes sistemas e, também, para maior conforto ambiental e segurança aos moradores. Já a **Tabela 2** sumariza os dados das redes do metrô, no ano de 2022, sob operação da Companhia do Metropolitano de São Paulo.

Tabela 1 – Redes de infraestrutura (água, gás e energia) em São Paulo.

Água	
Adutoras	1,6 mil quilômetros
Redes de distribuição de água	44,8 mil quilômetros
Esgoto	
Redes coletoras de esgotos	31,1 mil quilômetros
Coletores, emissários e interceptores	583,1 mil quilômetros
Energia*	
Energia Elétrica	25,28 TWh
Gás Natural	1.122x10 ⁶ m ³
Etanol Hidratado	1.807 milhões de litros
Emissão de CO ₂	11.970x10 ³ toneladas/ano
(*) Dados da Região Metropolitana de São Paulo	

Fonte: SABESP (2022) e SIMA (2022).

Tabela 2 – Números da rede metroviária operada pelo Metrô de São Paulo.

Características	Linha 1 Azul	Linha 2 Verde	Linha 3 Vermelha	Linha 15 Prata	Rede
Início da Operação Comercial	1974	1991	1979	2015	
Número de Estações	23	14	18	11	63
Extensão atual das linhas (km)	20,2	14,7	22,0	14,5	71,4

Fonte: Metrô (2022).

Os números acima apontados mostram o crescimento da ocupação do subsolo sob a metrópole de São Paulo ao longo do tempo, que resulta no cruzamento de diferentes redes e estruturas ao longo da profundidade; nessa situação, eventuais acidentes na fase de construção ou de operação de novas estruturas subterrâneas representam riscos elevados e que precisam ser mitigados ainda na fase de concepção dos projetos, por meio de investigações detalhadas que permitam caracterizar e estimar as resistências e deformabilidades dos maciços de solo.

Considerando-se obras de maior porte, geralmente associadas aos sistemas rodoviários e metroferroviários, que atingem profundidades mais elevadas do que às das redes de serviços de água, esgotos, gás, energia e internet, esse artigo foca nos critérios de investigação do subsolo e seus impactos no gerenciamento dos riscos das obras.

3. IDENTIFICAÇÃO E CADASTRO DE INTERFERÊNCIAS

Num contexto em que há uma elevada densidade de estruturas e redes enterradas, a existência de um sistema único de cadastro das interferências se faz necessária. Alguns órgãos e instituições ligadas à construção de obras de infraestrutura dispõem de diretrizes próprias que orientam a execução do cadastro. A Instrução de Projeto IP-DE100/001 do DNIT - Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes (DNIT 2005) define e padroniza os procedimentos para o cadastramento de interferências, como redes de infraestrutura e abastecimento, em áreas de interesse à execução de rodovias e obras afins. As interferências podem apresentar-se de diversas formas, devendo-se cadastrar todas aquelas que influenciam

o projeto que será implantado, como, por exemplo, galerias, dutos, caixas, cabos etc.

Para o caso de obras no sistema de água e esgoto, a Sabesp apresenta uma norma técnica própria para identificação de possíveis interferências: a Norma Técnica Sabesp 112 – Cadastro de Interferências Subterrâneas – de agosto de 2016. A norma tem como objetivo disciplinar “o levantamento das instalações subterrâneas da Sabesp e de concessionárias de serviços públicos para definir a posição, ocupação e profundidade das mesmas, a fim de permitir o desenvolvimento de projetos ou execução de obras lineares em sistemas de água e esgoto”.

No município de São Paulo, até o ano de 2015 o cadastro de obras públicas era realizado junto ao Departamento do Controle e Cadastro de Infraestrutura Urbana (CONVIAS), que dentre suas atribuições, realizava a verificação de interferência dos projetos submetidos com a rede existente, bem como com os demais projetos que estavam em processo de planejamento ou aprovação. Ressalta-se que nesse período, os documentos fornecidos, em geral, eram em formato físico, o que dificultava e onerava a catalogação das obras.

Nessa conjuntura, o município de São Paulo instalou a lei N° 16.255, de 10 de setembro de 2015, que altera a Lei n° 13.614, de 2 de julho de 2003, e tem como uma das diretrizes o armazenamento de informações georreferenciadas de redes de infraestrutura urbana de qualquer natureza existente e suas interferências em um cadastro único e disponível em página eletrônica da Prefeitura.

Em 26 de novembro de 2019 foi criada a plataforma GeoInfra, administrada pela CONVIAS, na qual são consolidadas as informações das redes de infraestrutura no município, tornando possível a análise das principais interferências que todas as obras dentro do município podem ocasionar. No entanto, essa plataforma depende da adesão

e adequação das concessionárias para tornar possível a análise e disponibilização dos documentos pertinentes às obras.

4. DIRETRIZES PARA INVESTIGAÇÃO DO SUBSOLO

O design e a construção de túneis estão intrinsecamente ligados à geologia do site de instalação, uma vez que o maciço age não só nos mecanismos de carregamento de tensões, como também como suporte primário do túnel. Nesse sentido, o solo ou rocha componente do maciço funcionam como parte do material de construção para os túneis e estacionamentos subterrâneos, refletindo na viabilidade de construção e performance da estrutura (Bickel et al. 1996).

Assim, as investigações geológico-geotécnicas da área de instalação têm por objetivo fornecer respaldo para: i) avaliar a alternativa de projeto mais adequada sob o viés técnico-econômico; ii) selecionar os métodos construtivos mais apropriados e com riscos inerentes baixos, iii) identificar os riscos associados à construção e suas medidas de mitigação, iv) além de fornecer subsídios para prever a produtividade e elaborar uma programação ou ajustar o cronograma de obra e de custo.

Segundo o documento “Diretrizes para Investigações de Campo em Projeto de Túneis” da *International Tunneling and Underground Space Association* (ITA 2021), para que uma investigação de campo seja eficaz, sugere-se a realização do trabalho em etapas, com o intuito de complementar e aprimorar o conhecimento local, além de corrigir ou confirmar as previsões de etapas anteriores. Assim, um programa de prospecção do terreno não deve ser inflexível, pois o escopo, abrangência, período de investigações, quantidade e tipos de estudos geológico-geotécnicos a serem realizados, dependem do nível de incerteza e da com-

plexidade do maciço (solo e/ou rocha). Cada empreendimento exigirá uma adaptação na relação fase de projeto e fase de investigação.

As investigações de campo abrangem desde as fases de atividades prévias em escritório até as investigações diretas (como sondagens rotativas e poços de inspeção) ou indiretas (como métodos geofísicos e levantamentos aéreos), além de levantamentos topográficos, mapeamentos geológico-geotécnicos e hidrológicos e ensaios laboratoriais. As fases de projeto podem se subdividir em Estudos de Viabilidade, Projeto Preliminar/Básico e Projeto Detalhado/Final (ITA 2021). Durante a construção do empreendimento também é possível que haja algum tipo de investigação complementar, em geral para validar o modelo geológico e hidrológico, ou para prever o comportamento do maciço e das águas subterrâneas a fim de se ajustar o método construtivo, caso necessário.

Durante o início de um projeto, sua viabilidade é avaliada pelos levantamentos de dados e informações em escritório e em campo (mapeamentos geológicos/hidrológicos), que são relativamente baratos e fornecem informações de grande relevância. Por este motivo, a curva do Conhecimento vs. Custo é acentuada nesta fase (**Figura 3**), demonstrando a relevância da fase de investigação de campo durante os estudos de viabilidade.

Nas fases de Projeto Preliminar e Projeto Detalhado, ainda há a necessidade de adquirir informações essenciais, por meio de sondagens rotativas, ensaios de campo e laboratoriais, para a composição ou correção do projeto e sua gestão de risco. Nessa fase, o custo para adquirir o conhecimento é mais elevado do que na fase de estudos de viabilidade, mas quando bem executado contribui de forma significativa na confiabilidade do conhecimento do maciço transposto (**Figura 3**).

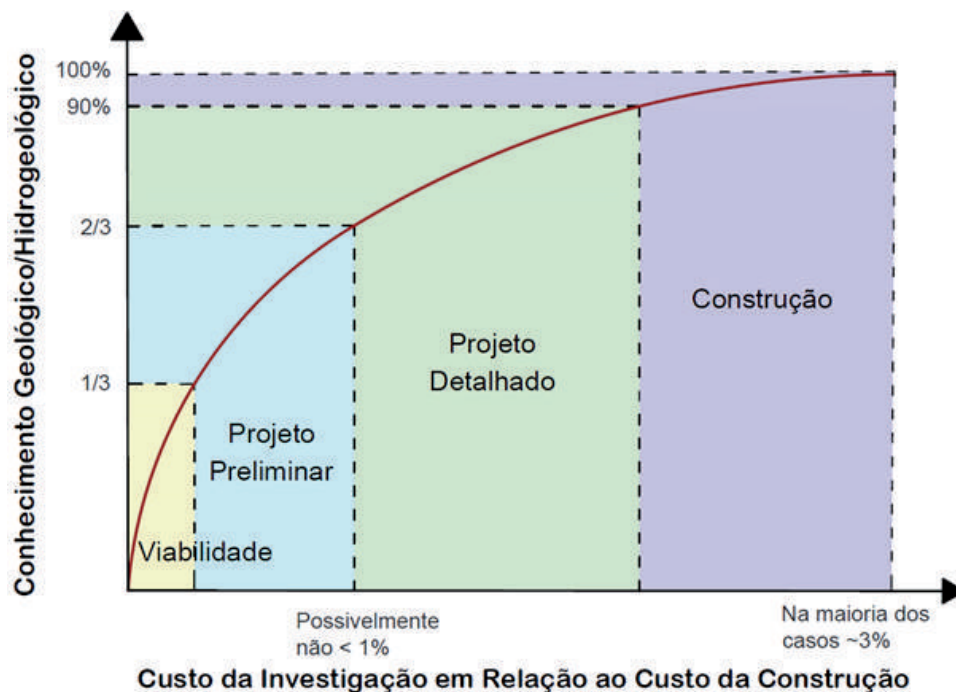


Figura 3: Curva esquemática da relação Conhecimento vs. Custo. Fonte: ITA (2021). Editado.

Em alguns estudos de caso, como citado em ITA (2021), o orçamento para uma investigação de campo em obras de grande porte corresponde, aproximadamente, a 3% do custo total da obra, podendo aumentar de 8% a 10%, a depender da complexidade da obra, do maciço e da função do empreendimento (uso nuclear, por exemplo).

Apesar da relevância das investigações de campo nas fases de projeto supracitadas, um quantitativo mínimo não é estabelecido em norma ou diretriz nacional. Apesar das diretrizes elaboradas pela ITA (2021), também não existem normas que indiquem a profundidade mínima, o espaçamento entre as investigações ou as particularidades do método de escavação e o melhor método de investigação a que deve estar associado. Nos Estados Unidos, o Conselho Nacional de Pesquisa (*National Research Council* 1984), determina, por exemplo, que para melhores resultados gerais, as sondagens deveriam aumentar seu espaçamento linear (profundidade) para entorno de 0,45 m de sondagem para cada 0,30 m de eixo do túnel. Este exemplo, no entanto, se aplica para túneis urbanos, e pode não ser válido para casos de

túneis cuja cobertura superior seja muito grande; em túneis profundos e de pouca extensão, as sondagens, se seguida a diretriz supracitada, podem não ter profundidade suficiente para investigar o maciço circundante ou interceptar o túnel.

Ainda neste sentido, cabe destacar que problemas com o maciço representam de 17 a 20% dos casos de atrasos no cronograma construtivo (Chapman 2012, Santos et al. 2021), tornando-se dispendiosos para o projeto. Os problemas relatados estão relacionados à incerteza quanto às condições geológicas e geotécnicas e ao comportamento do terreno durante a construção. Assim, a fim de se evitar disputas jurídicas e onerosas entorno dos questionamentos e distribuição de responsabilidades acerca dos riscos e incertezas inerentes ao maciço, foi desenvolvido nos Estados Unidos o GBR (*Geotechnical Baseline Report*), um documento contratual que estabelece pressupostos realistas em relação às condições antecipadas do subsolo. Num mesmo maciço, para cada método construtivo projetado, um novo GBR deve ser produzido, pois cada método, devido às suas peculiaridades, requer, por vezes, novas investigações focadas em determinados aspectos do maciço.

De acordo com o *Emerald Book (Conditions of Contract for Underground Works – FIDIC 2019)*, o GBR é considerado como a única fonte contratual de alocação de risco relacionada às condições físicas do subsolo para as partes envolvidas na construção, e todas as condições físicas de subsuperfície não abordadas nele devem ser consideradas imprevisíveis (além da fronteira do conhecimento técnico), e os riscos associados à imprevisibilidade do maciço são imputados ao Contratante. A orientação do *Emerald Book* é de que o GBR deve incluir “uma gama suficiente de informações proporcionais ao tamanho, natureza e complexidades do projeto e interpretações baseadas na experiência e outras fontes de informação”, sendo importante o compartilhamento de informações entre Empreiteiros, Contratantes e Projetista de diferentes empreendimentos numa mesma localidade.

Embora algumas diretrizes gerais tenham sido abordadas, de forma resumida, é visível a incipiência em relação às normas nacionais relacionadas a concepção e execução de planos de investigação de campo eficientes para um projeto específico.

5. O PAPEL DA INSTRUMENTAÇÃO

As escavações em obras subterrâneas comumente promovem alteração no estado de tensões *in-situ* no solo e relaxação em trechos específicos, a depender das técnicas construtivas empregadas e das características geotécnicas dos materiais constituintes do subsolo. Essas alterações e relaxação se traduzem em recalques no terreno, tanto em superfície quanto subsuperfície, com ordem de grandeza geralmente milimétrica, bem como na redução da resistência desses materiais.

Com o intuito de prever e minimizar os reflexos negativos destas relaxações e respectivos recalques diferenciais associados, seja nas obras subterrâneas em construção ou nas demais infraestruturas já construídas nas proximidades (edificações e vias, por exemplo), é comum e de boa prática da engenharia, projetar modelos teóricos com diferentes ferramentas e recursos. Nesses modelos são consideradas as características físico-mecânicas do terreno (solo e/ ou rocha) e das estruturas locais, de modo a se prever as deformabi-

lidades do terreno durante as diversas etapas de escavações intrínsecas ao processo construtivo.

Em complemento às previsões de projeto, são instalados instrumentos geotécnicos *in-situ* que possibilitam medir os deslocamentos “reais” do maciço e das estruturas lindeiras e, com isso, garantir que as premissas do projeto de instrumentação estejam sendo atendidas. Há uma diversidade de modelos de instrumentos, que podem ser categorizados em instrumentação externa e interna às obras de escavação. Dentre aqueles comumente usados para instrumentação externa e suas funções, pode-se citar brevemente:

- Marcos superficiais: deslocamentos lineares verticais na superfície do terreno.
- Tassômetros: deslocamento lineares verticais na subsuperfície do terreno.
- Pinos de recalques: deslocamentos verticais em estruturas lindeiras.
- Inclinômetros: deslocamentos horizontais em diferentes cotas na subsuperfície do terreno.

Dentre aqueles comumente usados para instrumentação interna e suas funções, pode-se citar brevemente:

- Extensômetros elétricos (*strain gauges*): deformação em estruturas em construção.
- Pinos de convergência: deslocamentos lineares internos às estruturas de formato circular/radial em construção.

Os projetistas de obras subterrâneas definem o arranjo espacial e localização onde os instrumentos serão instalados, o procedimento de instalação e a periodicidade de leitura para cada instrumento. Também são atribuídos valores de deslocamentos crescentes em termos de risco de instabilidade e ruptura do maciço, denominados de níveis de referência, atenção e de criticidade. Estes níveis estabelecem uma faixa de deformações que visa assegurar uma construção segura e minimizar os efeitos e impactos indesejados em outras estruturas lindeiras, seja em subsuperfície ou superfície do terreno. Caso estes limites máximos sejam ultrapassados, o modelo teórico pode ser revisitado, com a inserção ou ajuste dos parâmetros originalmente concebidos, reavaliação dos índices de deformabilidade aceitáveis (sob o ponto de vista de desempenho e segurança das estruturas impactadas) e respectivas ações de manutenção ou alteração dos processos construtivos. Em último estágio, pode-se proceder

com a suspensão das atividades construtivas até que o cenário de avanço das obras seja reavaliado como seguro.

Apesar dos avanços tecnológicos nas últimas décadas, nota-se que a instrumentação geotécnica no Brasil ainda carece de atenção especial na definição dos níveis de referência e, sobretudo, na interpretação dos resultados. Os limites de deslocamento no terreno usados para cada nível são usualmente estabelecidos de forma empírica como uma porcentagem dos deslocamentos previstos nos modelos teóricos na etapa do projeto executivo. Em casos onde o solo é constituído de material rígido com comportamento frágil, ou seja, com rupturas repentinas e com deslocamentos menores quando comparado a outros solos, estes valores deveriam ser mais conservadores (menores). Quanto à interpretação dos resultados da instrumentação, as pequenas deformações devem ser analisadas com cuidado, mesmo que estejam dentro de limites estabelecidos em projeto. É necessário observar a alteração do comportamento das leituras ao longo do tempo, sobretudo de sua aceleração, em especial em áreas intrincadas com obras subterrâneas e em solos com comportamento de ruptura frágil. Sozio et al. (1998) já alertavam que *“em solos rígidos e que apresentam comportamento frágil, a simples medição pontual dos deslocamentos não permite controle suficiente para garantir a segurança das escavações.”*

Adicionalmente, ressalta-se que em obras complexas e de longa duração, faz-se premente um programa de instrumentação que considere a integralidade dos efeitos das escavações e construções, e que permita a identificação de eventuais fragilizações do maciço. A análise dos deslocamentos acumulados ao longo do tempo pode ainda ser usada para retroalimentar o projeto do próprio empreendimento em questão e, também, contribuir com outros projetos na mesma região ou no mesmo tipo de ambiente geológico-geotécnico.

6. CONCLUSÕES

A crescente ocupação do espaço subterrâneo, com seus eventuais impactos no meio ambiente e suas implicações na qualidade de vida da população, ainda constituem desafios a serem enfrenta-

dos. O crescente uso e ocupação do espaço subterrâneo das metrópoles impõe aos profissionais de engenharia o desafio de construir novas infraestruturas sem comprometer o desempenho das já existentes, tanto em superfície como em subsuperfície. Em paralelo ao cadastramento das obras, contendo a geometria dos projetos *as built*, faz-se premente uma maior interação entre as empresas projetistas e executoras das obras, em particular no que tange ao compartilhamento de dados de investigações geológico-geotécnicas e monitoramento por meio de instrumentação específica.

As normas e diretrizes aplicadas às investigações de campo necessitam de especificidades, tanto em termos qualitativos como quantitativos. A adoção de um sistema contratual sugerido pelo Emerald Book, com utilização de um GBR consistente e direcionado para o empreendimento e seu método construtivo pode diminuir riscos e problemas, sobretudo associados às obras subterrâneas em área urbanizada, relacionados à ausência de investigação. No entanto, não supre a demanda de normas específicas para o território brasileiro e suas complexidades geotécnicas. Destaca-se ainda a importância de visitar os projetos e as memórias de cálculo sempre que houver qualquer tipo de alteração ao longo da etapa de implantação das obras.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo S.A. pelo apoio às pesquisas e ao desenvolvimento de artigos técnico-científicos.

REFERÊNCIAS

- Bickel, J.O., Kuesel, T.R., King, E.H. (Eds.). 1996. Tunnel Engineering Handbook. 2. ed. Chapman & Hall, New York, 528 pp. Disponível em: <https://link-springer-com.ez67.periodicos.capes.gov.br/book/10.1007/978-1-4613-0449-4#bibliographic-information>. Acesso em: 19 dez. 2022
- Bitar, O.Y., Iyomasa, W.S., Cabral Júnior, M. 2000. Geotecnologia: Tendências e Desafios. São Paulo em Perspectiva (Impresso), São Paulo, v. 14, n. 3, p. 78-90.

- Campos, G.C. & Iyomasa, W.S. 2014. Acidentes em obras Subterrâneas: principais lições aprendidas. *Rev. Fundações & Obras Geotécnicas*, v. 4, p. 54-57.
- Campos, G.C., Iyomasa, W.S., Santos, A.J.G., Martins, J.R.S., Menezes, M. 2006. O invisível espaço subterrâneo urbano. *Rev. São Paulo em Perspectiva*, São Paulo, v. 20, n.1, p. 147-157.
- Campos, G.C., Iyomasa, W. S., Galli, V.L. 2014. Learning lessons from accidents on underground constructions in São Paulo city, Brazil. In: *World Tunnel Congress, 2014, Foz do Iguaçu, Proceedings...* p. 1-5.
- Campos, G.C., Iyomasa, W.S., Gramani, M.F. 2008. Uso do espaço subterrâneo urbano: o caso da cidade de São Paulo. In: *2º Congresso Brasileiro de Túneis, 2008, São Paulo*, v. 1, p. 71-74.
- Campos, G.C., Iyomasa, W.S., Hamassaki, L.T. 2000. Ruptura da frente de escavação de um túnel urbano. In: *IV Seminário de Engenharia de Fundações Especiais, São Paulo*, v. 2. p. 496-50.
- Chapman, T. 2012. Geotechnical risks and their context for the whole Project. In: *Institution of Civil Engineers (ICE) Manual of Geotechnical Engineering - Volume I Geotechnical Engineering Principles, Problematic Soils and Site Investigation*, p. 59-72.
- DNIT - DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTES. 2005. Instruções de Projeto. IP-DE-100/001.
- FIDIC - FÉDÉRATION INTERNATIONALE DES INGÉNIEURS-CONSEILS (org.). 2019. *Conditions of Contract for Underground Works: (EMERALD BOOK)*. Nápole, Italia: Fidic, 2019. 272 pp. Em colaboração com ITA (International Tunnelling and Underground Space Association) e AITES (Association Internationale des Tunnels et de l'Espace Souterrain).
- IBGE - INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. 2015. Pesquisa Nacional por Amostra de Domicílios - PNAD. Disponível em <https://www.ibge.gov.br/estatisticas/sociais/populacao/9127-pesquisa-nacional-por-amostra-de-domicilios.html?=&t=destaques>. Acesso em 16/11/22.
- IBGE - INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. 2022. Cidades e Estados - São Paulo. Disponível em <https://www.ibge.gov.br/cidades-e-estados/sp/sao-paulo.html>. Acesso em 16/11/22.
- ITA - INTERNATIONAL TUNNELLING AND UNDERGROUND SPACE ASSOCIATION. 2021. Diretrizes para Investigações de Campo em Projetos de Túneis: Working Group 2 - Research. Avignon, França: Shoot The Moon, 2021, v. 15, 32 p. Tradução de Dra. Daniela Garroux G. de Oliveira e revisão de André Pacheco de Assis, PhD e Eloi Angelo Palma Filho, M. Eng. Publicado em parceria como Comitê Brasileiro de Túneis (CBT). Disponível em: <https://about.ita-aites.org/publications/wg-publications/2038/diretrizes-para-investigacoes-de-campo-em-projetos-de-tuneis>. Acesso em: 14/11/22.
- Metrô de São Paulo. 2022. Disponível em <https://www.metro.sp.gov.br/>. Acesso em 07/12/2022.
- NATIONAL RESEARCH COUNCIL. 1984. *Geotechnical Site Investigations for Underground Projects: Volume 1*. Washington, DC: The National Academies Press, p. 182.
- PMSP - PREFEITURA DO MUNICÍPIO DE SÃO PAULO. 2014. Secretaria Municipal de Urbanismo e Licenciamento. Plano Diretor Estratégico do Município de São Paulo. Disponível em <https://gestaourbana.prefeitura.sp.gov.br/marco-regulatorio/plano-diretor/>. Acesso em 16/11/22.
- Portal G1. 2020. Rompimento de adutora provoca cratera em avenida de São Paulo. Disponível em <https://g1.globo.com/sp/sao-paulo/noticia/2020/12/07/rompimento-de-adutora-provoca-cratera-em-avenida-na-zona-sul-de-sp.ghhtml>. Acesso em 26.01.2023.
- Portal G1. 2022. Responsáveis por obra do Metrô têm até sexta para entregar relatório preliminar ao MP sobre abertura de cratera na Marginal.

Disponível em <https://g1.globo.com/sp/sao-paulo/noticia/2022/02/09/responsaveis-por-obra-do-metro-tem-ate-sexta-para-entregar-relatorio-preliminar-ao-mp-sobre-abertura-de-cratera-na-marginal.ghtml>

SABESP - COMPANHIA DE SANEAMENTO BÁSICO DO ESTADO DE SÃO PAULO. 2022. Dados gerais do atendimento Sabesp na RMSP. Disponível em <https://site.sabesp.com.br/site/interna/Default.aspx?secaoId=169>>. Acesso em 17/11/22.

Santos, F.S., Iyomasa, W.S., Pereira, J.P.S. 2021. Escavação de dois túneis rodoviários em corpo único de dique de rocha básica com mais de 80 m de espessura. In: 5º Congresso Brasileiro de Túneis e Estruturas Subterrâneas, São Paulo, Proceedings... p.183-192.

SÃO PAULO. Lei Nº 16.255, de 10 de setembro de 2015, que altera a Lei nº 13.614, de 2 de julho de 2003. Diário Oficial da Cidade, p. 1.

SENADO FEDERAL SECRETARIA ESPECIAL DE EDITORAÇÃO E PUBLICAÇÕES SUBSECRETARIA DE EDIÇÕES TÉCNICAS. 2008. Estatuto das Cidades. Brasília, 3ª Edição. Disponível em <<https://www2.senado.leg.br/bdsf/bitstream/handle/id/70317/000070317.pdf>>. Acesso em 18/11/22.

SIMA - SECRETARIA DE INFRAESTRUTURA E MEIO AMBIENTE - GOVERNO DO ESTADO DE SÃO PAULO. 2022. Anuário de energéticos por município no Estado de São Paulo - 2022. Ano base 2021. Disponível em https://dadosenergeticos.energia.sp.gov.br//portalcev2/intranet/BiblioVirtual/diversos/anuario_energetico_municipio.pdf. Acesso em 17/11/22.

Sozio, L.E., Ferreira, A.A., Negro, A. 1998. Lições da ruptura de um túnel sob pequenos deslocamentos. In: Congresso Brasileiro de Mecânica de Solos e Engenharia Geotécnica - COBRAMSEG, Brasília: ABMS, Proceedings... p.1623-1630.

DIRETRIZES PARA A REALIZAÇÃO DE ANÁLISES DE ESTABILIDADE DE TALUDES UTILIZANDO OS MÉTODOS DE PROJEÇÃO ESTEREOGRÁFICA E ANÁLISE CINEMÁTICA E DE SENSIBILIDADE

GUIDELINES FOR REALIZATION SLOPE STABILITY ANALYSES USING THE STEREOGRAPHIC PROJECTION AND KINEMATIC AND SENSITIVITY ANALYSIS METHODS

DANILO JOSÉ DA SILVA

Engenheiro de Minas, Novo Oriente, Ceará, Brasil

ORCID:0000-0002-9083-0096

E-mail:danilojose.eng.minas@gmail.com

RESUMO ABSTRACT

Em análises de estabilidade de taludes em rocha, as estruturas geológicas desempenham um papel fundamental nas condições de estabilidade, pois os modos de ruptura que ocorrem em taludes rochosos, são formados exclusivamente pela presença de meios descontínuos na massa de rocha, esses planos de fraqueza são característicos de diversos tipos de rochas e são denominados de descontinuidades. Uma das características mais importantes das descontinuidades é que as mesmas apresentam orientações, ou seja, possuem uma direção em relação ao norte geográfico e uma inclinação em relação a um plano horizontal. Essa orientação é o parâmetro chave para a realização de análises de estabilidade de taludes em rocha, visando a obtenção dos tipos prováveis de ruptura que ocorrem em taludes rochosos, pois a partir da orientação das descontinuidades em relação a orientação da face livre do talude, é possível determinar se as mesmas possuem ou não, condições para conduzir a um dado modo de ruptura. Devido à escassez de publicações nacionais, que não abordam esses assuntos de forma mais ampla, o presente artigo tem como objetivo estabelecer descrições, ilustrações, orientações e metodologias, que podem ser empregadas, para a projeção estereográfica de estruturas geológicas e análise de estabilidade de taludes em rocha, utilizando a metodologia cinemática e de sensibilidade. O artigo demonstra a técnica de projeção estereográfica, onde é possível representar as orientações das estruturas geológicas em um ambiente de duas dimensões, e também sobre os métodos de análise cine-

In rock slope stability analysis, the geological structures play a key role in the stability conditions, for the failure modes arising on rocky slopes are formed exclusively from the presence of discontinuous means in the rock mass, these planes of weakness are characteristic of various types of rock and are denominated as discontinuities. One of the most important characteristics of discontinuities, is that they present orientations, in other words, possess a direction in relation to the geographic north and an inclination in relation to a horizontal plane. This orientation is the key parameter for realization stability analyses of rock slopes, to obtain the probable types of failures, for from the orientation of the discontinuities in relation to the orientation of the free face of the slope, it is possible to determine if they have or do not, conditions to drive a given mode of rupture. Due to the scarcity of national publications that address these subjects more broadly, the present article has the objective of establishing descriptions, illustrations, guidelines and methodologies, which can be Applied, for stereographic projection of geological structures and rock slope stability analysis, using the kinematic and sensitivity methodology. The article demonstrates the stereographic projection techniques, where it is possible to represent the orientations of geological structures in a two-dimensional environment, and also on the methods of kinematic and sensitivity analysis, that respectively evaluate the failure modes, uncertainty and variability in the data. In addition, it

mática e de sensibilidade, que avaliam respectivamente os modos de ruptura, incertezas e variabilidades nos dados. Além disso, foi possível constituir uma metodologia que pode ser seguida para a realização dessas análises, com o objetivo de contribuir como um passo a passo a ser empregado.

Palavras-chaves: estabilidade de taludes, descontinuidades, orientações, modos de ruptura, análises de estabilidade

1. INTRODUÇÃO

O estudo do comportamento de massas rochosas, vem crescendo nos últimos anos, e desde o desenvolvimento de metodologias de avaliação de estabilidade de rochas, expostas na superfície, sempre foi dado ênfase à estabilidade de taludes. Gerscovich (2016) define o termo talude como sendo qualquer superfície inclinada ao horizonte, composta por uma massa de solo ou rocha ou a junção de ambos, de origem natural, denominado encosta, ou construído pelo homem, por exemplo os aterros e cortes.

A diferença entre o comportamento mecânico do solo e da rocha deve ser sempre abordada, pois ambos diferem bastante. O solo se comporta como um meio estratificado e inconsolidado, na qual a coesão, o ângulo de atrito e o tamanho dos grãos, são os fatores mais importantes na avaliação de estabilidade. Já o comportamento da rocha é de um meio descontínuo e consolidado, sendo que a presença desse meio descontínuo na massa de rocha, será o elo mais fraco e, portanto, terá um maior domínio nas condições de estabilidade (Hudson & Harrison 1997).

A estabilidade de taludes em rocha, é bastante influenciada pela geologia estrutural presente na mesma. O termo geologia estrutural, refere-se ao estudo de estruturas geológicas, que se formam na rocha, devido ao processo de desenvolvimento e sua interação com o ambiente ao qual foi condicionada, podendo levar ao aparecimento de estruturas descontínuas em toda a matriz ou em dadas porções da rocha. Exemplos de estruturas geológicas são fissuras, juntas, falhas, dobras, planos de acamamento e foliações metamórficas (Wyllie 2017).

has been possible to constitute a methodology that can be followed for the realization of these analyses, with the objective of contributing as a step-by-step to be employed.

Keywords: slope stability, discontinuities, orientations, failure modes, stability analysis

As estruturas geológicas, são classificadas como descontinuidades, ou seja, um plano de fraqueza na rocha, que a torna descontínua em uma dada superfície. Esse plano descontínuo, influencia bastante na estabilidade da rocha, pois essa porção formada, favorece para que um dado modo de ruptura possa vir a ocorrer, preferencialmente ao longo dessa superfície descontínua. Em todos os estudos de estabilidade de rochas, é de suma importância a realização de avaliações bastante precisas das estruturas geológicas, objetivando obter informações dos tipos, características e propriedades mecânicas (Wyllie 2017).

Diversos estudos compilados nas publicações de Hoek & Bray (1977) e Goodman (1989), demonstram que rochas duras possuem uma elevada resistência, onde a ruptura por influência da gravidade, só é possível, caso a descontinuidade permita o movimento de massa sobre a sua superfície formada. Esses estudos, idealizados por diversos autores, chegaram à conclusão que para rochas expostas na superfície, existem quatro modos de ruptura, sendo eles planar, em cunha, circular e tombamento. Desses quatro modos de ruptura, três são formados exclusivamente por descontinuidades, com o modo de ruptura circular sendo um caso particular, mas também influenciado pela presença das mesmas. Nos três primeiros modos de ruptura, a orientação da superfície descontínua em relação à face livre do talude, desempenha um papel bastante importante nas condições de estabilidade (Goodman 1989).

A abordagem mais precisa para determinação dos tipos prováveis de ruptura é a análise cinemática. O termo cinemática, refere-se ao estudo do movimento sem haver uma preocupação com as forças que o fazem se mover. A partir dessa

abordagem, a análise cinemática visa avaliar qualitativamente os prováveis modos de ruptura do talude rochoso em função da orientação das descontinuidades e da face livre do talude, em relação ao ângulo de atrito do material, esse último para rochas representa uma provável inclinação limite que uma superfície descontínua pode suportar sem que haja movimento cisalhante, onde um mergulho desse plano descontínuo com valor superior ao do ângulo de atrito possui uma maior chance de ocorrer movimento cisalhante. Essa inclinação limite é de difícil determinação, sendo necessário direcionar com cautela um valor norteador para as análises (Hudson & Harrison 1997).

A orientação das descontinuidades e da face livre do talude, diz respeito a direção do plano descontínuo em função do norte verdadeiro e a inclinação deste plano em relação a um plano horizontal. A partir disso, é avaliado a geometria formada pelas descontinuidades, pelo método de projeção estereográfica em um ambiente de duas dimensões, em função do modo de análise que é característico de cada tipo de ruptura. Dessa forma, é possível classificar se o movimento da geometria formada é cinematicamente viável ou inviável (Hudson & Harrison 1997).

Em taludes rochosos, é quase inevitável controlar a queda e movimento de massas rochosas, pois os custos necessários para garantir a segurança completa, são bem elevados. Mas Hoek & Bray (1977) e Goodman (1989) demonstraram que um dos fatores não mecânicos que mais influência nas condições de instabilidade é a inclinação da face livre do talude. Essa inclinação, pode favorecer diretamente no movimento de massa para um dado modo de ruptura, sendo necessário em avaliações qualitativas de taludes rochosos, avaliar a influência que a variabilidade no valor da inclinação irá condicionar nos modos de ruptura

prováveis para o talude, sendo essa avaliação denominada de análise de sensibilidade, das quais também é utilizada para avaliar os demais parâmetros do método de análise cinemática (Goodman 1989).

Portanto, devido à escassez de publicações nacionais, que não abordam de uma forma mais ampla instruções, detalhamentos e caminhos a serem seguidos para aplicação desses métodos, que vem sendo bastante utilizados nos últimos anos, para avaliação qualitativa da estabilidade de taludes rochosos. O presente artigo tem como objetivo estabelecer descrições, ilustrações, orientações e metodologias, que podem ser empregadas, para a projeção estereográfica de estruturas geológicas e análise de estabilidade de taludes em rocha, utilizando a metodologia cinemática e de sensibilidade.

2. PROJEÇÃO ESTEREOGRÁFICA

A projeção estereográfica, permite representar os dados de orientação ou altitude de planos e alinhamentos estruturais de um ambiente tridimensional, para que possam ser analisadas em um ambiente de duas dimensões. Essa projeção é feita em um estereograma (Figura 1), que nada mais é, que um círculo com linhas internas, que quando unidas representam uma escala de 0° a 90° , tendo esse círculo uma escala de 0° a 360° . Um dos primeiros passos antes da realização de análises cinemáticas, é a obtenção da orientação das descontinuidades e do talude para que, posteriormente, essas orientações sejam plotadas em um estereograma e, possa ser dada sequência a interpretação de suas condições cinemáticas (Wyllie 2017).

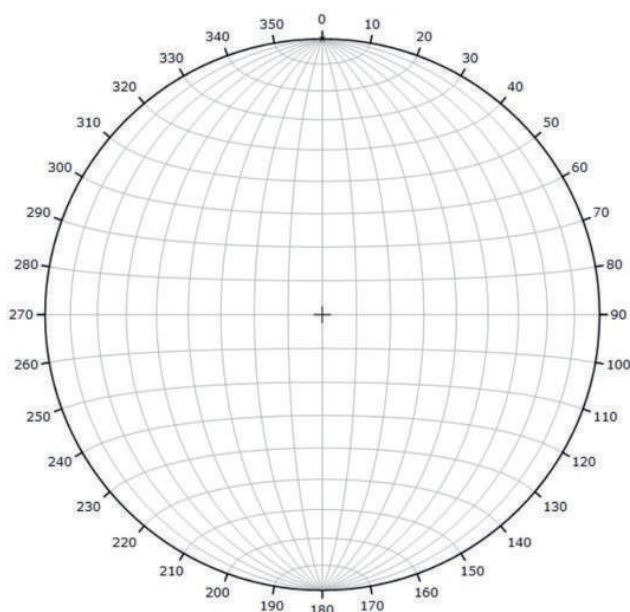


Figura 1. Estereograma (Fonte: Elaborado pelo autor 2023).

A terminologia utilizada para orientação de planos é strike, dip e dip direction, já para alinhamentos é trend e plunge. O strike e trend representam a direção partindo do norte geográfico até uma linha imaginária horizontal e paralela ao plano e alinhamento. O dip e plunge representam a inclinação ou mergulho entre o plano ou alinhamento e uma linha imaginária horizontal perpen-

dicular ao plano é paralela ao alinhamento. Já o dip direction é a direção do mergulho partindo do norte geográfico até uma linha imaginária horizontal e perpendicular ao plano (Wyllie 2017). A Figura 2 detalha a localização geométrica dessas terminologias de orientação para planos e alinhamentos.

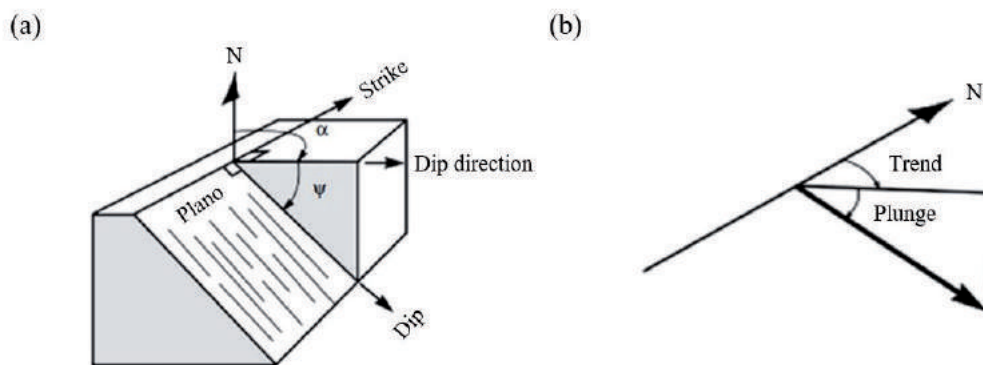


Figura 2. (a) terminologia de orientação para planos, (b) terminologia de orientação para alinhamentos (Fonte: Modificado de Wyllie 2017).

A forma de obtenção dos dados de orientação é feita com auxílio de uma bússola geológica com clinômetro embutida. A bússola, quando devidamente descontado o valor da declividade magnética da região, direciona para obtenção da direção do plano ou alinhamento em função do norte geográfico, já o clinômetro mede a inclinação do plano

ou alinhamento em relação a horizontal. O plano ou alinhamento da descontinuidade, para obtenção da altitude, pode ser observado diretamente na superfície da rocha (Wyllie 2017). A Figura 3 ilustra os modelos de bússolas mais empregados para obtenção de orientações, com todas elas possuindo clinômetro embutido.

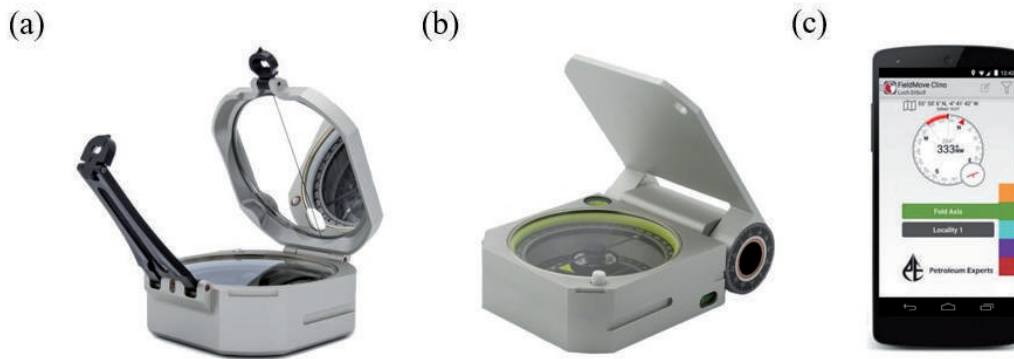


Figura 3. (a) bússola brunton, (b) bússola clar, (c) bússola digital (Fonte: Brunton 2023, Petroleum experts 2023).

Um erro muito cometido na obtenção do mergulho e que existe o mergulho aparente e verdadeiro. O verdadeiro é a inclinação mais íngreme do plano, já o aparente é a inclinação mais suave do plano. Uma forma simples de obtenção do mergulho verdadeiro é despejar água ou areia sobre a projeção do plano da descontinuidade feita com auxílio de algum acessório e observar a direção de caimento, influenciada pela gravidade (Wyllie 2017).

Wyllie (2017) salienta que representar planos e alinhamentos no estereograma requer muita atenção, pois existem diversos tipos de configurações disponíveis para o estereograma. Os planos devem ser representados na forma de grandes círculos (semi-elipse) e os alinhamentos na forma de polos (ponto). O passo a passo a seguir descreve as configurações que devem ser adotadas em função da projeção estereográfica a ser seguida e a Figura 4 ilustra cada uma das configurações.

- O primeiro passo inicial é a escolha do hemisfério, que pode ser superior (a) ou inferior (b). Esse hemisfério, nada mais é, que um corte em uma esfera a dividindo em uma porção superior e inferior. A visualização zenith do corte na esfera, representa a projeção estereográfica de hemisfério superior, e a visua-

lização nadir do corte na esfera, representa a projeção estereográfica de hemisfério inferior. O hemisfério superior é utilizado para a projeção de polos, já o inferior é utilizado para planos;

- O segundo passo é a escolha do tipo de projeção, que pode ser equatorial (c) ou polar (d). Essa projeção visa simplificar a representação de grandes círculos ou polos no estereograma. A projeção equatorial, pode ser utilizada tanto para traçar grandes círculos e polos, já a projeção polar é utilizada apenas para traçar polos;
- O último passo é a escolha da própria rede estereográfica, que pode ser de Schmidt (e) ou Wulff (f). A rede de Schmidt representa uma projeção de igual área, onde qualquer representação no estereograma possui área igual na superfície da esfera de referência. Essa rede é utilizada para avaliação de contornos e densidade de polos e de orientações preferenciais de conjuntos de descontinuidades. Já a rede de Wulff representa uma projeção de igual ângulo, onde qualquer representação no estereograma, possui ângulo igual na superfície da esfera de referência. Essa rede é utilizada apenas para avaliação de relações angulares.

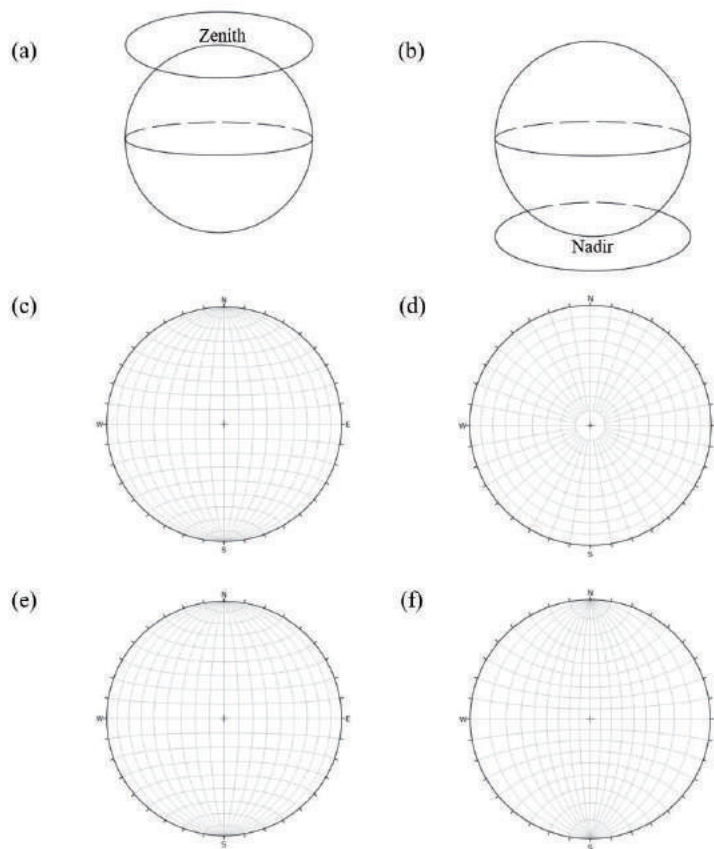


Figura 4. (a) hemisfério superior, (b) hemisfério inferior, (c) projeção equatorial, (d) projeção polar, (e) rede estereográfica de Schmidt, (f) rede estereográfica de Wulff (Fonte: Elaborado pelo autor 2023).

Com a configuração escolhida, já é possível iniciar a projeção dos planos e alinhamentos no estereograma. Essa projeção, pode ser feita de forma manual, com a impressão do estereograma configurado e, com uso de papel vegetal sobreposto ao estereograma. A partir disso, é possível rotacionar em relação ao eixo do círculo o papel vegetal e representar os planos e alinhamentos no formato de grandes círculos e polos, respectivamente (Goodman 1989). A utilização de softwares como é o caso do Dips é mais vantajosa, pois basta apenas configurar a projeção e informar a terminologia adotada dos planos e alinhamentos, com a projeção das estruturas sendo gerada de forma automática a partir da inserção dos dados.

Para o entendimento da representação de planos no formato de grandes círculos, é feita uma analogia com o método manual, onde é necessário um estereograma, papel vegetal, alfinete e lápis. Com a sobreposição do papel vegetal sobre o círculo do estereograma auxiliado pelo alfinete, é fei-

to o desenho dos sentidos geográficos e do círculo externo. Posteriormente, toma-se inicialmente o valor do strike e marca-se um ponto no papel vegetal, essa marcação deve ser rotacionada para cima do norte ou sul, dependendo da sua proximidade. Em função do dip direction, demarca-se o valor do dip no sentido de fora para o centro do círculo, selecionado uma semi-elipse que representa o mergulho e demarca a mesma por completo. Por fim, retorna-se os sentidos previamente desenhados sobre o papel vegetal, para sobreposição sobre os sentidos do estereograma, gerando assim, a representação estereográfica do plano na forma de grande círculo (Goodman 1989). A Figura 5 ilustra o resultado da representação de um plano na forma tridimensional no corte da esfera de referência, para uma melhor visualização do formato de plotagem em grande círculo em função das terminologias adotadas.

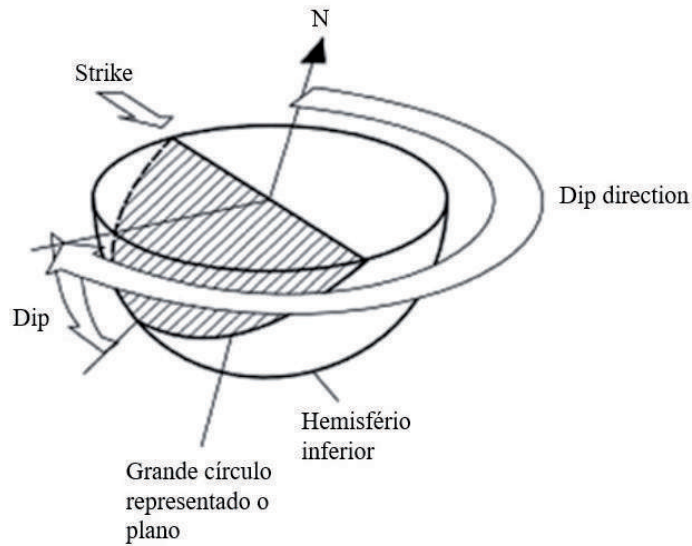


Figura 5. Representação tridimensional de um plano no formato de grande círculo no estereograma (Fonte: Modificado de Wyllie 2017).

Seguindo a mesma analogia, a representação de alinhamentos no formato de polos é mais simples. Primeiramente, seleciona-se o valor do trend e marca-se um ponto no papel vegetal, essa marcação deve ser rotacionado para cima do leste ou oeste, dependendo de sua proximidade. Em função do trend, demarca-se o valor do plunge no sentido de fora para o centro do círculo, na forma de um ponto em função do mergulho. Por fim, re-

torna-se os sentidos previamente desenhados sobre o papel vegetal, gerando assim, a representação do alinhamento na forma de polo (Goodman 1989). A Figura 6 ilustra o resultado da representação de um alinhamento na forma tridimensional no corte da esfera de referência, para uma melhor visualização do formato de plotagem em polo em função das terminologias adotadas.

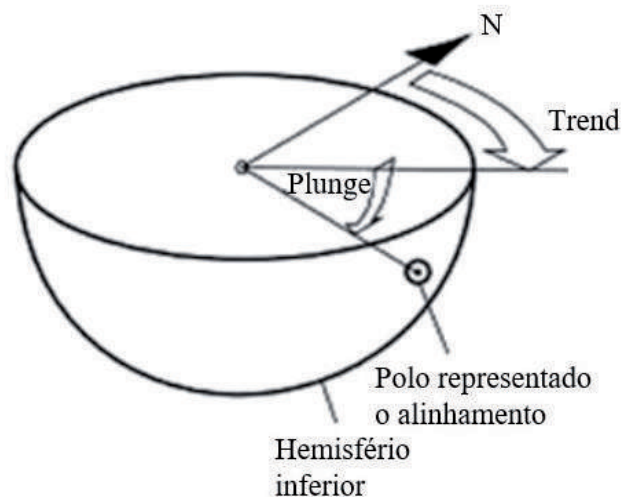


Figura 6. Representação tridimensional de um alinhamento no formato de polo no estereograma (Fonte: Modificado de Wyllie 2017).

Para a representação de diversos planos de descontinuidades, não é vantajoso realizar a plotagem no formato de grandes círculos, pois gera uma enorme poluição visual no estereograma, dificultando a interpretação. Uma forma bastante empregada, é transformar a representação do grande círculo em um polo, na qual o polo representará um vetor normal, com 90° de inclinação em relação ao dip do plano, sendo a direção desse vetor um valor de 180° a mais em relação ao dip direction do plano. A utilização de softwares, simplifica e muito a projeção de estruturas geológicas em estereogramas, principalmente na conversão de grande círculo para polo e vice-versa, além disso, é possível vincular o polo a uma figura geométrica, para caracterizar o tipo de estrutura que lhe representa, melhorando a interpretação dos resultados (Wyllie 2017).

Uma plotagem exclusiva para análises cinemáticas é a do ângulo de atrito, este ângulo representa uma provável inclinação limite que uma superfície descontínua pode suportar sem que

haja movimento cisalhante. No caso de rochas, dependendo do modo de ruptura, um corpo rochoso estará sobre um plano inclinado, sendo esse plano a superfície potencial de ruptura, onde poderá ou não haver atrito entre as partículas minerais presentes na superfície da descontinuidade, permitindo ou não o movimento cisalhante. A representação do ângulo de atrito no estereograma, depende do modo de ruptura avaliado, na qual o valor do ângulo de atrito é representado como um círculo de atrito, com a escala do círculo, dependendo do valor do ângulo. Esse círculo é plotado no estereograma seguindo o sentido do centro para fora ou o inverso, dependendo do modo de ruptura a ser avaliado (Wyllie 2017, Goodman 1989). A Figura 7 ilustra a representação do cone de atrito em relação ao vetor normal e em função da inclinação do plano, esse cone de atrito quando representado em um estereograma é chamado de círculo de atrito, com ambos possuindo a mesma escala, que representa o valor do ângulo de atrito.

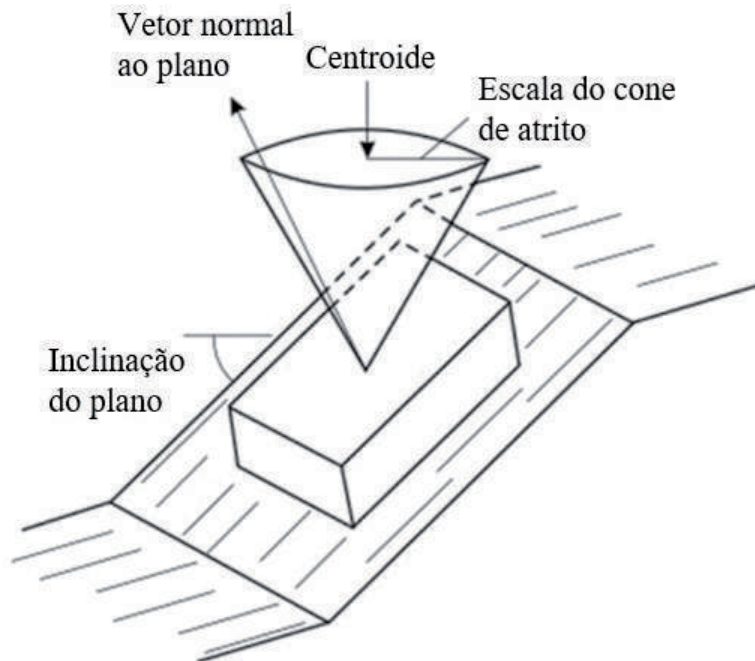


Figura 7. Ilustração da representação do cone de atrito e círculo de atrito em relação ao vetor normal e em função da inclinação do plano (Fonte: Modificado de Wyllie 2017).

Outras informações importantes que podem ser geradas em projeções estereográficas é o contorno de polos, densidade de polos, diagrama de rosetas e interseções de planos (Wyllie 2017). Uma descrição breve de cada um é dada logo abaixo e a Figura 8 ilustra cada uma dessas informações que podem ser visualizadas no estereograma.

- O contorno de polos (a) representa um limite que pode ser estabelecido de estruturas que possuem uma pequena variação na orientação, onde os polos que estiverem contidas nesse contorno, representam uma espécie de família, ou seja, estão contidas no mesmo grupo, podendo extrair uma orientação média desse conjunto de estruturas;
- A densidade de polos (b) é quase semelhante ao contorno de polos, diferindo apenas em que os agrupamentos de polos são representados em termos de intervalos percentuais ou quantidades, com as menores concentrações

sendo representados visualmente por um tom de cor menos intenso e as maiores concentrações por um tom de cor mais intenso;

- O diagrama de rosetas (c) é uma forma de representação da orientação das estruturas geológicas no formato de diagrama de frequência relativa, ou seja, a escala do estereograma de 0° a 360° é dividida em intervalos e para cada orientação contida nesse intervalo é representado na forma de porcentagem ou quantidade em relação ao todo, sendo essa frequência relativa representado graficamente como um histograma no estereograma;
- A interseção de planos (d) representa o ponto onde dois grandes círculos se cruzam no estereograma, essa interseção, caracteriza uma tendência de orientação, onde esse ponto de interseção possui trend e plunge, ou seja, forma um alinhamento com orientação.

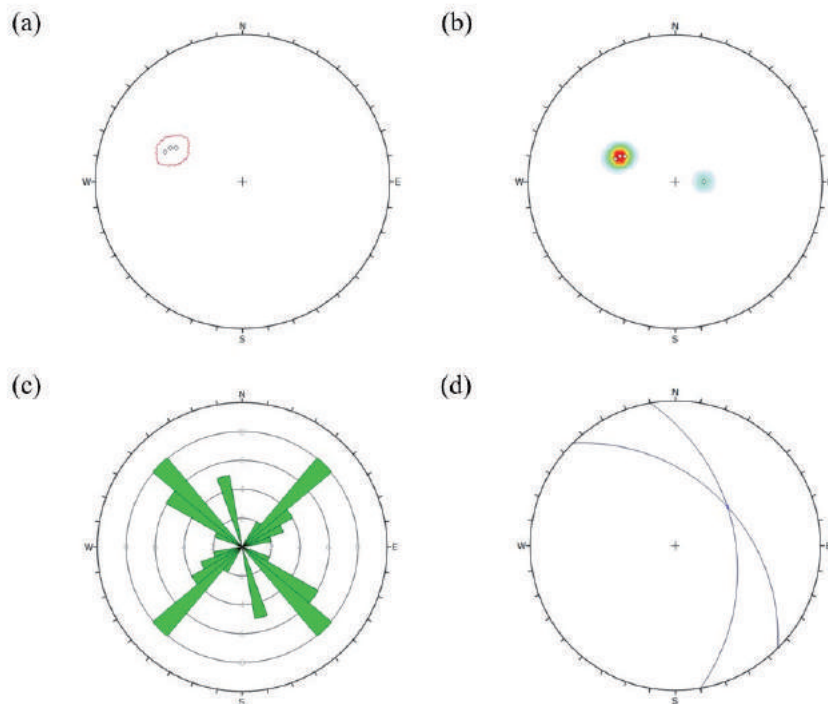


Figura 8. (a) contorno de polos, (b) densidade de polos, (c) diagrama de rosetas, (d) interseção de planos (Fonte: Elaborado pelo autor 2023).

3. ANÁLISE CINEMÁTICA

A análise cinemática de estruturas geológicas, direciona para a obtenção dos prováveis modos de rupturas em rochas, através de uma avaliação cinemática da relação entre a orientação das descontinuidades e do talude em função do ângulo de atrito. O termo cinemática, refere-se à avaliação do movimento de corpos sem fazer referência às forças que o fazem se mover. Para que uma massa de rocha sofra deslocamento, é fundamental que haja uma superfície favorecendo ao movimento, logo é necessário avaliar se essa superfície pode direcionar para um movimento cinematicamente viável ou não (Goodman 1989).

Segundo Wyllie (2017) os diferentes tipos de rupturas estão diretamente associados à relação entre a orientação das descontinuidades e do talude em função do ângulo de atrito. Para cada modo de ruptura, há uma forma diferente de avaliação, sendo que a partir da projeção estereográfica, é possível avaliar e determinar se uma dada descontinuidade ou conjunto, pode estar em estado crítico para um dado modo de ruptura.

Goodman (1989) pondera que esse tipo de análise deve ser utilizado com cautela, pois o mesmo faz referência mínima a parâmetros de resistência da rocha, levando em consideração apenas o ângulo de atrito, que é de difícil determinação para o caso de rochas. Logo, esse tipo de análise deve ser empregado como ponto de partida para uma ampla sequência de procedimentos, objetivando atestar as condições de estabilidade de taludes.

A grande vantagem dessa análise é que a mesma pode ser feita a partir de técnicas de projeção estereográfica, pois esse tipo de abordagem cinemática tem como foco avaliar as condições de movimento sobre a superfície formada, em função da orientação das descontinuidades e do talude em relação ao ângulo de atrito. Como a projeção estereográfica permite a representação

da orientação ou altitude de planos e alinhamentos em um ambiente de duas dimensões, favorece para a aplicação de análises cinemáticas a partir de estereogramas (Wyllie 2017).

A configuração do estereograma, frequentemente adotada para análises cinemáticas é de hemisfério inferior, projeção equatorial e rede estereográfica de Schmidt. Já a representação de planos no formato de grande círculo ou polos, vai depender do modo de ruptura avaliado (Wyllie 2017). A seguir será apresentado uma descrição mais ampla sobre a avaliação cinemática para cada modo de ruptura.

3.1 RUPTURA PLANAR

A ruptura planar é um tipo de movimento de massa que ocorre sobre uma superfície descontínua perpendicular à face livre do talude, essa superfície forma um plano com inclinação suave e menor do que o da face livre do talude. As condições cinemáticas que devem ser atendidas para o modo de ruptura planar estão dispostas logo abaixo (Wyllie 2017, Hudson & Harrison 1997). A Figura 9 ilustra a representação da geometria para o modo de ruptura planar e sua exibição no estereograma.

- A inclinação do plano potencial de deslizamento deve ser menor do que o mergulho da face livre do talude;
- O plano potencial de deslizamento tem que emergir na face livre do talude;
- A extremidade superior do plano potencial de deslizamento deve cruzar o topo do talude ou uma fenda de tração;
- A inclinação do plano potencial de deslizamento deve ser maior do que o ângulo de atrito;
- A direção do plano potencial de deslizamento precisa ser perpendicular à face livre do talude.

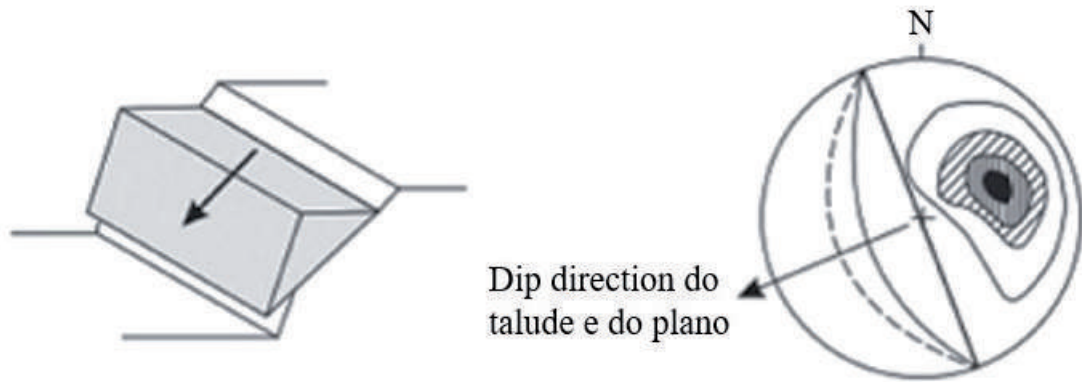


Figura 9. Ilustração da representação da geometria do modo de ruptura planar no talude e sua exibição no estereograma (Fonte: Modificado de Wyllie 2017).

Para avaliação do modo de ruptura planar a partir da análise cinemática, é necessário que a projeção das orientações das descontinuidades seja no formato de polos e a orientação do talude no formato de grande círculo e polo. Posteriormente, o ângulo de atrito deve ser plotado na forma de círculo de atrito, com a inclinação seguindo a direção do centro para fora do estereograma. Por fim, plota-se os limites inferior e superior da direção do talude e o limite da zona crítica, que

é traçado como uma elipse, formada entre o polo do talude e o centro do círculo de atrito. A partir da plotagem é definida a zona crítica, essa zona é formada na área acima do círculo de atrito e abaixo do polo do talude, delimitada pelos limites inferior e superior da direção do talude e pelo limite da zona crítica (Goodman 1989). A Figura 10 apresenta a ilustração da localização das variáveis empregadas para análise cinemática em relação ao modo de ruptura planar no estereograma.

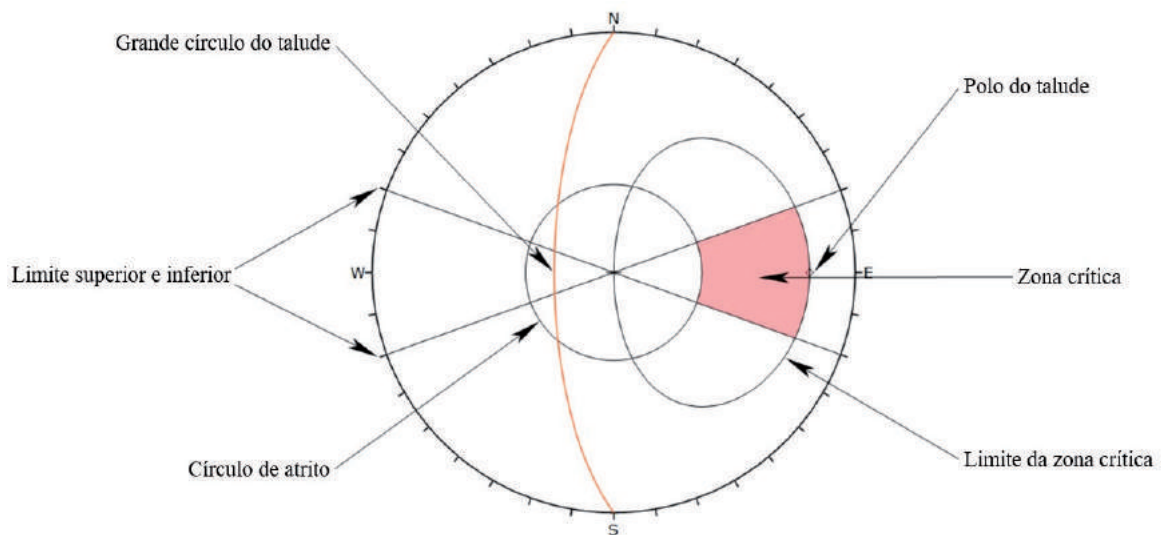


Figura 10. Ilustração da localização das variáveis empregadas para análise cinemática em relação ao modo de ruptura planar no estereograma (Fonte: Elaborado pelo autor 2023).

As discontinuidades com prováveis condições para sofrer ruptura planar, são as em que o polo de suas orientações estiverem presentes na zona crítica, pois essa zona representa uma condição de movimento cinematicamente viável e satisfaz todas as condições cinemáticas para o modo de ruptura planar, fora dessa zona, nenhuma condição é satisfeita e o movimento é cinematicamente inviável (Wyllie 2017, Hudson & Harrison 1997).

3.2 RUPTURA EM CUNHA

A ruptura em cunha é outro tipo de movimento de massa que ocorre quando duas discontinuidades se cruzam formando um tetraedro. A superfície gerada é uma espécie de cunha, com orientação formada pela linha de interseção entre as duas superfícies descontínuas. Esse tipo de modo de ruptura é uma espécie de variação do modo de ruptura planar, diferindo apenas por ocorrer entre duas superfícies descontínuas for-

madadas e não apenas uma, mas possui condições cinemáticas quase semelhantes, sendo elas dispostas logo abaixo (Wyllie 2017, Hudson & Harrison 1997). A Figura 11 ilustra a representação da geometria para o modo de ruptura em cunha e sua exibição no estereograma.

- A inclinação formada pela interseção das duas superfícies potenciais de deslizamento deve ser menor do que o mergulho da face livre do talude;
- A interseção formada pelas duas superfícies potenciais de deslizamento tem que emergir na face livre do talude;
- A extremidade superior da interseção formada pelas duas superfícies potenciais de deslizamento deve cruzar o topo do talude ou uma fenda de tração;
- A inclinação formada pela interseção das duas superfícies potenciais de deslizamento deve ser maior do que o ângulo de atrito.

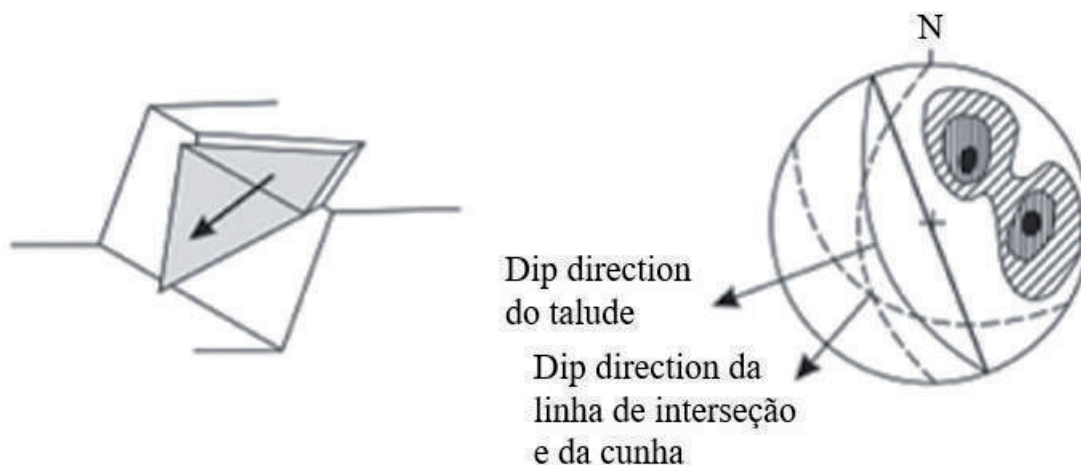


Figura 11. Ilustração da representação da geometria do modo de ruptura em cunha no talude e sua exibição no estereograma (Fonte: Modificado de Wyllie 2017).

Para avaliação do modo de ruptura em cunha a partir da análise cinemática, é necessário que tanto a orientação das discontinuidades como a do talude, sejam plotadas no formato de grande círculo. Posteriormente, deve ser marcado o ponto de interseção entre os grandes círculos das discontinuidades, que representarão o polo de orientação da interseção. O ângulo de atrito também é plotado, mas diferente do modo de ruptura planar, o círculo de atrito é plotado com inclinação seguindo a direção de fora para o centro do

estereograma. Por fim, o limite da zona crítica é definido como um grande círculo, traçado a partir da escala do círculo de atrito. A partir dessas plotagens é definido a zona crítica, essa zona é formada na área acima do grande círculo do talude e abaixo do círculo de atrito, delimitada pelo limite da zona crítica (Goodman 1989). A Figura 12 apresenta a ilustração da localização das variáveis empregadas para análise cinemática em relação ao modo de ruptura em cunha no estereograma.

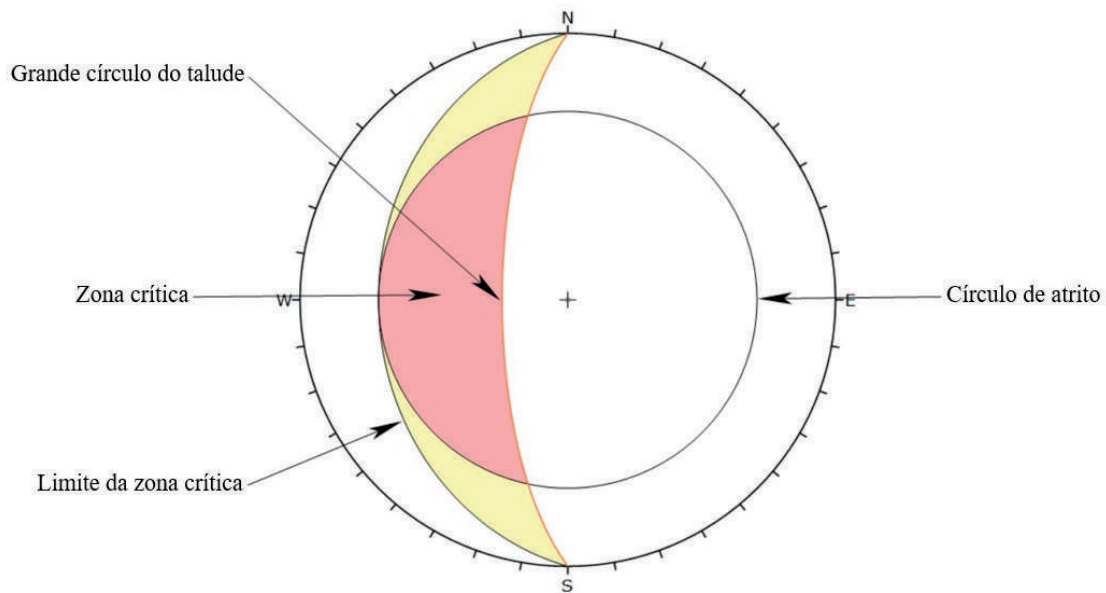


Figura 12. Ilustração da localização das variáveis empregadas para análise cinemática em relação ao modo de ruptura em cunha no estereograma (Fonte: Elaborado pelo autor 2023).

As interseções das discontinuidades com prováveis condições para sofrer ruptura em cunha, são as em que o polo da interseção estiverem presentes na zona crítica, pois essa zona representa uma condição de movimento cinematicamente viável e satisfaz todas as condições cinemáticas para o modo de ruptura em cunha, fora dessa zona, nenhuma condição é satisfeita e o movimento é cinematicamente inviável (Wyllie 2017, Hudson & Harrison 1997).

3.3 RUPTURA CIRCULAR

A ruptura circular é um tipo característico de movimento de massa que ocorre em rochas fracas,

altamente intemperizadas, fortemente fraturas e sem um padrão de orientação estrutural, com a superfície de ruptura formada, assemelhando-se a de um círculo. Esse tipo de ruptura é comumente associado a solos, mas também é comum em rochas, em ambos os casos, a superfície formada procura a menor resistência ao cisalhamento ao longo talude, sendo a mesma próxima a de um círculo. Algumas condições são necessárias para que esse tipo de ruptura ocorra em rochas, sendo elas dispostas logo abaixo (Wyllie 2017). A Figura 13 ilustra a representação da geometria para o modo de ruptura circular e sua exibição no estereograma.

- A rocha não possui um padrão de orientação estrutural bem definido, sendo fortemente fraturada;
- A persistências e espaçamento das descontinuidades presentes são muito pequenas;
- O intemperismo atuante na rocha encontra-se em elevado grau de atuação;
- As partículas da rocha são muito pequenas em relação ao tamanho do talude.

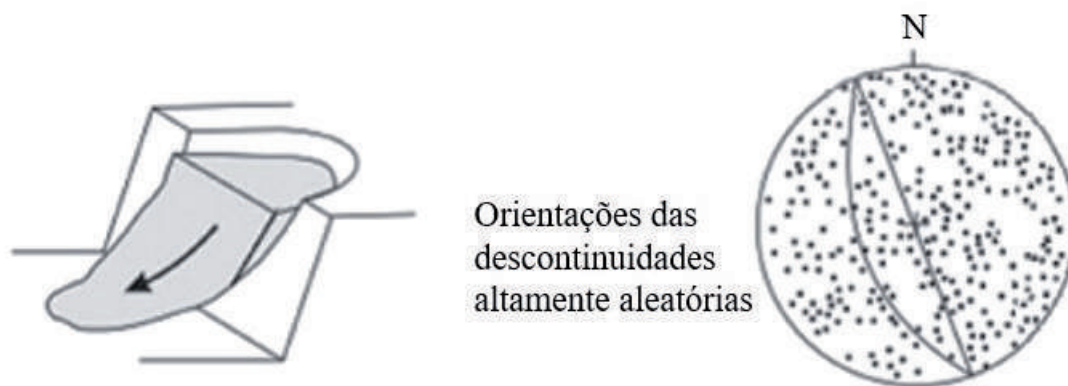


Figura 13. Ilustração da representação da geometria do modo de ruptura circular no talude e sua exibição no estereograma (Fonte: Modificado de Wyllie 2017).

A análise cinemática para esse tipo de ruptura não se aplica, pois, esse tipo de movimento de massa não é redigido por estruturas geológicas descontínuas. Mas a partir da projeção estereográfica da orientação das descontinuidades no formato de polos, é possível julgar se existe ou não um padrão de orientação estrutural bem definido, caso não haja padrão e as mesmas possuam uma elevada dispersão em termos de orientação, o talude terá uma maior condição para sofrer ruptura circular do que qualquer outro modo de ruptura (Wyllie 2017).

3.4 RUPTURA POR TOMBAMENTO

A ruptura por tombamento é outro tipo característico de movimento de massa que ocorre em blocos que se formam no talude, com os mesmos tombando em direção à face livre. A presença de descontinuidades que se cruzam com orientação na mesma direção da face livre do talude e de descontinuidades paralelas entre si e espaçadas com orientação contrária à da face livre do talude, geram blocos de diversos tamanhos e formas, que dependendo da superfície de sustentação, podem

tombam diretamente, de forma não direta ou sofrer flexão perpendicularmente à face livre do talude. As condições cinemáticas que devem ser atendidas para o modo de ruptura por tombamento estão dispostas logo abaixo (Wyllie 2017, Hudson & Harrison 1997). A Figura 14 ilustra a representação da geometria para o modo de ruptura por tombamento e sua exibição no estereograma.

- As descontinuidades que se cruzam devem possuir uma orientação de interseção das superfícies dos blocos quase igual à da face livre do talude para sofrerem tombamento direto;
- As descontinuidades que se cruzam direcionando para tombamento oblíquo não possuem orientação de interseção das superfícies dos blocos perpendicular à da face livre do talude;
- As descontinuidades devem possuir uma orientação contrária à face livre do talude e espaçadas paralelamente entre si para sofrerem tombamento por flexão;
- A inclinação da superfície de sustentação dos blocos deve ser maior do que a do ângulo de atrito.

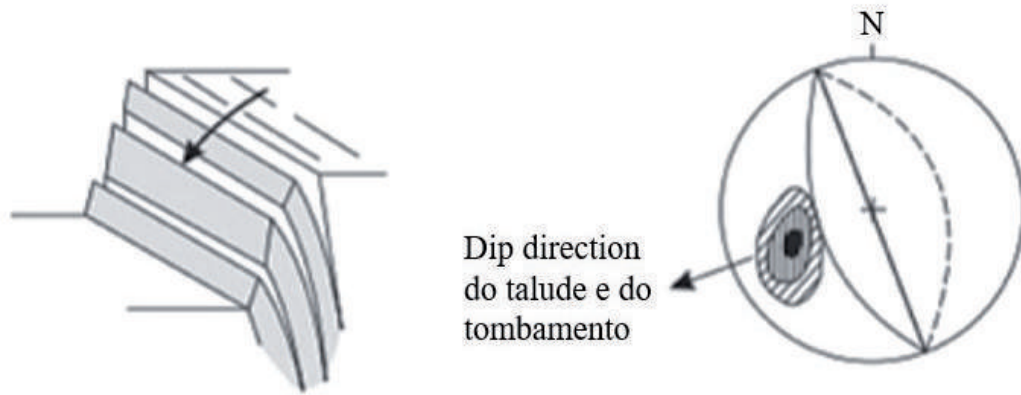


Figura 14. Ilustração da representação da geometria do modo de ruptura por tombamento no talude e sua exibição no estereograma (Fonte: Modificado de Wyllie 2017).

Para avaliação do modo de ruptura por tombamento a partir da análise cinemática, é necessária uma abordagem distinta para os modos de tombamento, sendo o primeiro o direto/oblíquo e o segundo por flexão.

Para o modo de tombamento direto/oblíquo, é necessário que a projeção das orientações das descontinuidades seja no formato de grande círculo e a orientação do talude no formato de grande círculo e polo. Posteriormente, deve ser marcado o ponto de interseção entre os grandes círculos das descontinuidades. O ângulo de atrito é plotado na forma de círculo de atrito, com a inclinação seguindo a direção do centro para fora

do estereograma. Por fim, plota-se os limites inferior e superior da direção do talude e o limite da zona crítica, que é traçado na forma de um círculo, seguindo a escala da orientação do polo do talude. A partir da plotagem é definida a zona crítica, essa zona é formada na área acima do círculo de atrito e abaixo do polo do talude, delimitada pelos limites inferior e superior da direção do talude e pelo limite da zona crítica (Hudson & Harrison, 1997). A Figura 15 apresenta a ilustração da localização das variáveis empregadas para análise cinemática em relação ao modo de ruptura por tombamento direto/oblíquo no estereograma.

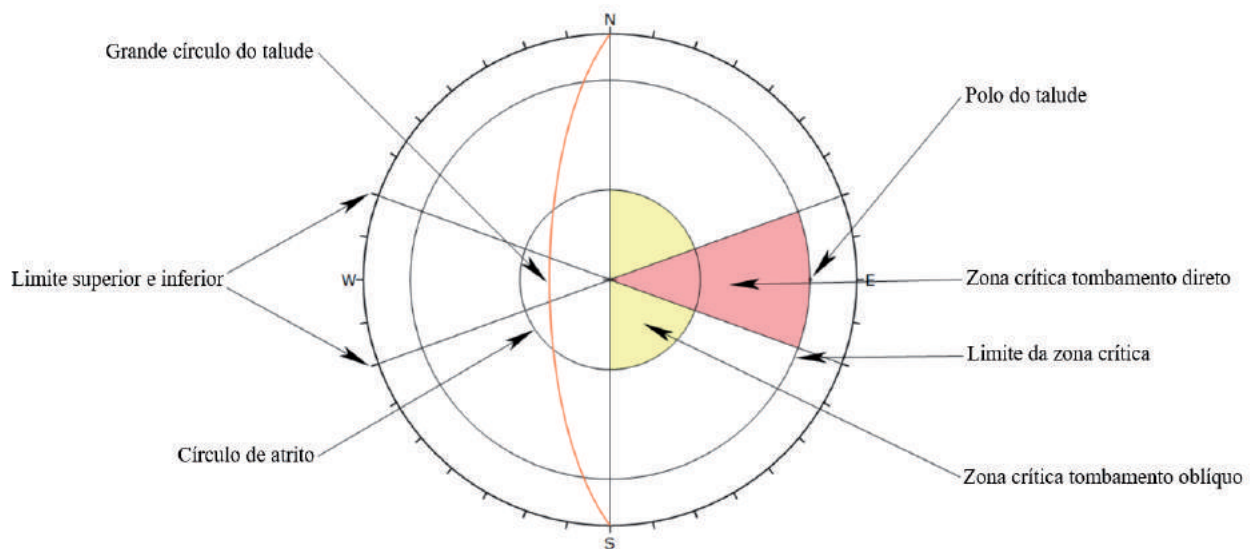


Figura 15. Ilustração da localização das variáveis empregadas para análise cinemática em relação ao modo de ruptura por tombamento direto/oblíquo no estereograma (Fonte: Elaborado pelo autor 2023).

Para o modo de tombamento por flexão, é necessário que a projeção das orientações das descontinuidades, seja no formato de polos e a orientação do talude no formato de grande círculo. Por fim, plota-se os limites inferior e superior da direção do talude e o limite da zona crítica, que é traçado na forma de grande círculo, possuindo a mesma direção do talude mais com um valor de inclinação obtido da soma da inclinação do talude

mais a do ângulo de atrito. A partir da plotagem é definida a zona crítica, essa zona é definida na área acima do grande círculo do limite da zona crítica e delimitada pelos limites inferior e superior da direção do talude e pelo limite da zona crítica (Goodman 1989). A Figura 16 apresenta a ilustração da localização das variáveis empregadas para análise cinemática em relação ao modo de ruptura por tombamento por flexão no estereograma.

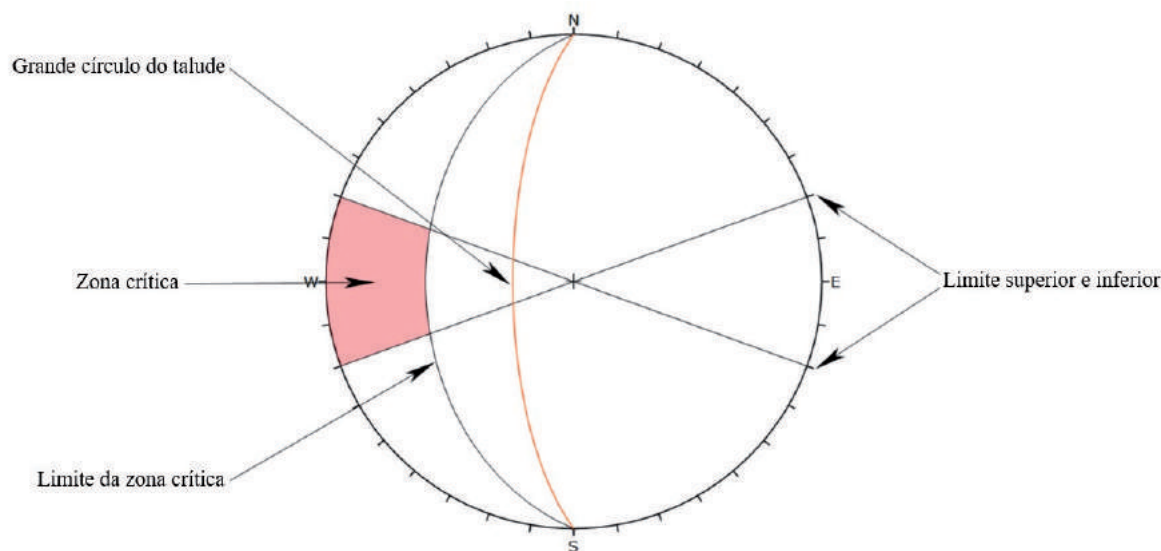


Figura 16. Ilustração da localização das variáveis empregadas para análise cinemática em relação ao modo de ruptura por tombamento por flexão no estereograma (Fonte: Elaborado pelo autor 2023).

As descontinuidades com prováveis condições para sofrer ruptura por tombamento direto/oblíquo, são as em que o polo da interseção estiverem presentes na zona crítica, já para o tombamento por flexão são as em que o polo de suas orientações estiverem presentes na zona crítica. Em ambos os casos, essa zona representa uma condição de tombamento cinematicamente viável e satisfaz todas as condições cinemáticas para o modo de ruptura por tombamento direto/oblíquo e por flexão, fora dessa zona, nenhuma condição é satisfeita e o tombamento é cinematicamente inviável (Wyllie 2017, Hudson & Harrison 1997).

4. ANÁLISE DE SENSIBILIDADE

A análise de sensibilidade é um complemento para todos os métodos de análises de estabilidade

de taludes, pois a mesma avalia a influência que possíveis intervalos de variação, envolvendo os valores dos dados quantitativos, direciona nas condições de estabilidade. Qualquer forma de obtenção de dados não é isenta de erros, em alguns casos, uma pequena variação no valor verdadeiro, pode influenciar e muito nos resultados das análises, podendo levar a uma tomada de decisões incoerentes a partir de resultados obtidos (Wyllie 2017).

O foco dessa análise, como complemento para a análise cinemática, é estabelecer limites inferiores e superiores para os dados quantitativos obtidos e, avaliar a influência que essa variabilidade nos valores, poderá direcionar nos modos de rupturas avaliados. Analisar a influência da variabilidade de diversos fatores, pode torna-se bastante complexo e na prática, o recomendado é avaliar cada parâmetro separadamente. Em aná-

lises cinemáticas, os principais parâmetros onde é possível estabelecer um limite inferior e superior do dado quantitativo encontrado é o ângulo de atrito, inclinação e direção do talude. Ambos são dependentes um dos outros para o resultado da análise e devem ser avaliados separadamente (Wyllie 2017).

Todos os três parâmetros para análises cinemáticas possuem bastante influência nas condições de estabilidade, sendo que apenas o ângulo de atrito terá maiores incertezas em relação ao seu valor real, pois o mesmo é de difícil determinação. Já os demais, incluindo a orientação das descontinuidades, as incertezas em relação ao valor verdadeiro vão depender da calibração e precisão do equipamento e da forma de utilização do mes-

mo pelo operador. Os resultados das análises de sensibilidade para o método de análise cinemática são expressos na forma de gráficos para melhor interpretação, onde os eixos devem representar a relação entre a quantidade ou porcentagem de descontinuidades em estado crítico em relação ao intervalo entre o limite inferior e superior do valor quantitativo do parâmetro avaliado (Wyllie 2017). A Figura 17 ilustra um exemplo de gráfico gerado pelo software Dips para interpretação dos resultados das análises de sensibilidade, nesse gráfico o eixo y representa a porcentagem de descontinuidades em estado crítico para um dado modo de ruptura e o eixo x a variação do valor de mergulho da face livre do talude.

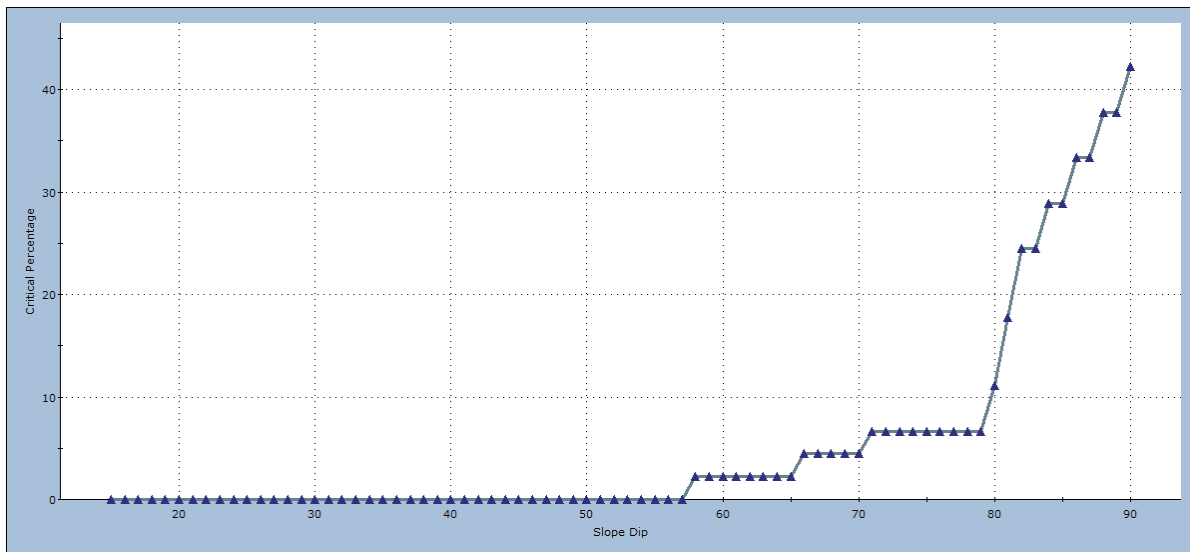


Figura 17. Exemplo de um gráfico gerado pelo software Dips para interpretação dos resultados das análises de sensibilidade (Fonte: Elaborado pelo autor 2023).

Com os resultados obtidos das análises de sensibilidades, é necessário realizar diversas combinações possíveis entre os valores dos parâmetros, para que seja possível denotar o estado provável mais crítico encontrado ou o estado menos crítico em termos de números de descontinuidades. Com essa análise também é possível encontrar os valores para os parâmetros quantitativos que direciona em menores condições de instabilidade, a partir de uma variabilidade mais ampla entre o intervalo do limite inferior e superior (Goodman 1989).

5. METODOLOGIA RECOMENDADA

Para a realização de análises de estabilidade de taludes a partir da projeção estereográfica e análise cinemática e de sensibilidade, recomenda-se que o talude ou conjunto de taludes sejam setorizados, ou seja, dividido em partes, com cada área das seções, seguindo uma representatividade da orientação do talude e extensão das descontinuidades presentes no maciço rochoso. A partir da setorização, deve ser obtido as medições de comprimento e altura de cada área das seções

com auxílio de uma trena de fibra de vidro. Posteriormente, a orientação do talude pode ser obtida com o emprego de uma bússola com clinômetro e algum acessório que ajuda a projetar o plano de orientação representativo de cada seção (Silva 2023).

Com a parametrização das seções do talude ou conjunto de taludes finalizada, recomenda-se que seja feita uma avaliação geológica-geotécnica de todas as seções do talude, visando aprimorar a compreensão geológica e geomecânica de cada tipo de descontinuidades presentes nas seções. Após esse estudo, já é possível iniciar a obtenção das orientações das descontinuidades presentes, sendo que essa orientação também é determinada com auxílio de uma bússola com clinômetro e algum acessório que ajuda a projetar o plano de orientação. O número de dados de orientação varia muito de seções para seções, não sendo sugerido que seja fixado um valor limite de dados, mas sim que os dados a serem obtidos, sempre busquem representar as descontinuidades presentes na seção avaliada (Silva 2023).

Após a finalização da obtenção dos dados de orientação, é recomendado a criação de um banco de dados no formato de planilhas com essas informações, para uma melhor integração com o software. Posteriormente, o banco de dados pode ser facilmente importado para o software de projeção estereográfica como é o caso do Dips, na qual o mesmo pode ser configurado em função da terminologia de orientação adotada, declividade magnética, tipo de hemisfério, tipo de projeção estereográfica e rede estereográfica (Silva 2023).

Após a importação dos dados e configuração do software, é possível extrair diversos dados da projeção estereográfica, tais como a projeção no formato de grande círculo ou polos, contorno e densidade de polos, diagrama de rosetas e interseções entre os grandes círculos. Já para as análises cinemáticas é inserido os dados de orientação do talude e do ângulo de atrito, este último por ser de difícil obtenção, recomenda-se que seja tomado um valor médio extraído de bibliografias em função do tipo de rocha. Após a inserção desses dados, o software gera automaticamente o resultado das análises para os modos de ruptura planar, em cunha, por tombamento direto/oblíquo e flexão (Silva 2023).

Por fim, em função dos resultados obtidos das análises cinemáticas, é possível direcionar para as análises de sensibilidade, avaliado a variabilidade entre o limite inferior e superior do valor quantitativo do ângulo de atrito, inclinação e direção do talude. Sendo que este último, a variabilidade do valor já é considerada nas análises cinemáticas, por conta do limite inferior e superior da direção de mergulho da face livre talude. Para a variabilidade no valor do ângulo de atrito, recomenda-se que seja considerado um limite inferior e superior acima de 10 em função do ângulo obtido ou extraído de bibliografias para o mesmo tipo de rocha, para o limite inferior e superior da direção de mergulho da face livre talude um valor superior a 20 é admissível na própria análise cinemática e superior a 10 na análise de sensibilidade, já para a inclinação do talude é recomendado estabelecer um intervalo de variabilidade entre 15° a 90°, visando extrair a influência que a inclinação da face livre do talude direciona nos modos de ruptura avaliados. Em função dos resultados obtidos, realiza-se diversas combinações de dados, visando obter a melhor interpretação possível para a análise de estabilidade (Silva 2023).

6. CONCLUSÃO

Em função das referências publicados por Hoek & Bray (1977), Goodman (1989), Hudson & Harrison (1997) e Wyllie (2017), que apresentaram e fizeram melhorias ao longo do tempo nos métodos de análise de estabilidade de taludes em função da orientação das descontinuidades, foi possível alcançar o objetivo principal do presente trabalho, estabelecendo descrições dos métodos de forma mais ampla e completa, criação de ilustrações, modificação e extração de outras fontes, assim como o direcionamento no formato de passo a passo dos métodos de projeção estereográfica e análises cinemáticas e de sensibilidade, para todos os tipos prováveis de ruptura em taludes rochosos.

A partir dos métodos expostos, também foi possível estabelecer condições para utilização correta dessas metodologias, pois as mesmas também possuem limitações de aplicação, assim como qualquer outro método de análise de estabilidade

de taludes. Além disso, esse tipo de análise deve ser sempre empregada com cautela, pois o mesmo faz referência mínima a parâmetros de resistência da rocha, levando em consideração apenas o ângulo de atrito, sendo assim uma metodologia simplificada para a verificação dos modos prováveis de ruptura, não se tratando de um método determinístico e probabilístico, onde ambos empregam uma gama maior de parâmetros para a obtenção de um resultado quantitativo do fator de segurança ou probabilidade de ruptura de um dado tipo de ruptura avaliado. Haja visto que para um resultado bem mais preciso é necessário o emprego de diversos outros parâmetros de resistência da rocha descontínua, para avaliar de forma precisa a resistência ao cisalhamento da superfície potencial de ruptura.

Mesmo possuindo limitações, as análises cinemáticas combinado com análises de sensibilidade, torna-se possível determinar dados modos de ruptura prováveis e considerar as possíveis variabilidades nos valores quantitativos dos dados, podendo assim, direcionar para melhores resultados. Uma vez que, devido ao elevado caráter direcional das descontinuidades e sua alta influência nas condições de estabilidade em função da inclinação da face livre do talude, é possível encontrar uma inclinação ideal da face livre do talude, que reduz ou até mesmo elimine a possibilidade de ruptura, de acordo com o momento cinematicamente viável das descontinuidades críticas, para dados possíveis modos de ruptura no talude rochoso.

A metodologia recomendada para emprego prático desses métodos expostos, foi desenvolvida e aprimorada a partir da experiência adquirida em um trabalho de conclusão de curso na área de estabilidade de taludes de Silva (2023). Essa metodologia recomendada é dividida em etapas, com cada uma complementando a anterior, além de

direcionar para possíveis equipamentos que podem ser empregados para a obtenção dos dados. Por fim, espera-se que o trabalho possa vir a contribuir como um guia de boas práticas para análises de estabilidade de taludes em rocha.

REFERÊNCIAS

Gerscovich, D. Estabilidade de taludes. 2. ed. São Paulo: Oficina de Textos, 2016. p. 11-34.

Goodman, R. E. Introduction to rock mechanics. 2th. ed. Chichester: John Wiley & Sons, 1989. p. 293-339.

Hudson, J. A. Harrison, J. P. Engineering rock mechanics: an introduction to the principles. 1th. ed. Kidlington: Elsevier Science Ltd, 1997. v. 1, p. 287-323.

Hoek, E. Bray, J. Rock slope engineering. 2th. ed. London: Institution of Mining and Metallurgy, 1977. p. 402.

Rocscience. Dips user guide, 2023. Disponível em: <https://www.rocscience.com/help/dips/tutorials/tutorials-overview>. Acesso em 03 de abr. de 2023.

Silva, D. J. Mapeamento estrutural e análise de estabilidade de taludes de um corte de estrada no município de Boa Viagem - CE. 2023. Trabalho de conclusão de curso (Bacharelado em Engenharia de Minas) - Universidade Federal do Ceará. Cratéus, 2023.

Wyllie, D. C. Rock slope engineering: civil applications. 5th. ed. Boca Raton: Taylor & Francis Group, 2018. p. 27-58.

ESTRUTURA DE CONTENÇÃO COMO MEDIDA MITIGATÓRIA PARA DESCARACTERIZAÇÃO DE BARRAGENS COM ALTEAMENTO A MONTANTE DA MINA FÁBRICA, MG

CONTAINMENT STRUCTURE AS A MITIGATORY MEASURE FOR THE DISCHARACTERIZATION OF DAMS WITH HIGHING UPSTAND THE FÁBRICA MINE, MG

ANA PAULA ARAUJO

Engenheira de Minas, Engenheira Master na Vale S.A., aluna do curso de Especialização do Instituto de Pesquisas Tecnológicas – IPT, São Paulo

WILSON SHOJI IYOMASA

Dr. Geólogo, docente do curso de Especialização e pesquisador do Instituto de Pesquisas Tecnológicas – IPT, São Paulo, wsi@ipt.br

ISABEL CRISTINA CARVALHO FIAMMETTI

Tecnóloga, assistente de pesquisa do Instituto de Pesquisas Tecnológicas – IPT, São Paulo

RESUMO ABSTRACT

Os desastres socioambientais ocorridos em Minas Gerais nas barragens de rejeitos em Mariana e Brumadinho trouxeram a necessidade de rever a legislação estadual e federal, especificamente sobre segurança de barragens. A principal alteração, que afetou diretamente no setor da mineração, foi o impedimento de novas construções de barragens de rejeitos pelo método de alteamento pela linha de montante, bem como a obrigatoriedade em promover a descaracterização (Lei 14.006/20) das estruturas ainda existentes, que já não recebem aporte de rejeitos provenientes das atividades de mineração. Aborda-se neste relato o estudo e a construção da Estrutura de Contenção à Jusante (ECJ), edificada ao longo da principal drenagem onde foram construídas quatro barragens de rejeitos, “em cascata”, que necessitam ser descaracterizadas, conforme nova legislação vigente. A capacidade de armazenamento dessa ECJ é tal que deve suportar e reter o somatório dos volumes das quatro barragens, acrescida de uma quinta barragem que não será descaracterizada, porém situa-se nas proximidades das demais e pode sofrer danos em caso da ocorrência de colapsos em cascata. A decisão dos empreendedores pela construção dessa ECJ de custo elevado, ainda que não seja exigência estabelecida nas novas leis e normas, visou trazer mais segurança à população e ao meio ambiente que já so-

The social and environmental disasters occurred in Minas Gerais in tailings dams (Mariana and Brumadinho) demanded to do news federal laws, specifically on dam safety. The main change, which directly affected the mining sector, was the impediment of new construction of tailings dams of upstream line method, as well as was necessary to promote the mischaracterization (Lei 14.006/20) these structures which no longer receive mining tailings. This report discusses the study and construction of the Downstream Containment Structure (ECJ), built along the main drainage where it was have constructed four tailings dams in line, which need to be mischaracterized. The storage capacity of this ECJ is such that it must support and retain the sum of the volumes of the four dams, plus a fifth dam that will not be mischaracterized, but is located in line the main drainage. The decision to construct this high cost ECJ, not a requirement in the new laws, was adopted to bring more security to the population and the environment to avoid problems like dams collapses in Mariana and Brumadinho. This decision was due to a series of studies and analyses, whose the risks arising from the processes for mischaracterization four tailings dams (upstream line method) along the main drainage.

freram muito com os colapsos das barragens de rejeitos ocorridos em Mariana e Brumadinho. É importante mencionar que tal decisão foi decorrente de uma série de estudos e análises quando foram considerados os riscos decorrentes dos processos para descaracterização de barragens, bem como pela necessidade em adotar medidas rigorosas quanto à segurança do sistema em cascata. São apresentados os resultados do estudo de *Dam Break* efetuados para este cenário.

Palavras-Chave – Barragens com alteamento à montante; Descaracterização de barragens; Estrutura de contenção à jusante; Legislação de barragens.

1. INTRODUÇÃO

Após as ocorrências dos colapsos das barragens em Mariana, em novembro de 2015, e em Brumadinho, em janeiro de 2019, as legislações sobre barragens sofreram alterações significativas no cenário nacional, em especial no setor da mineração sobretudo no estado de Minas Gerais.

Intensas discussões técnicas e de políticas ambientais levaram o Congresso Nacional a estabelecer legislações mais rígidas que impedem a construção de novas barragens de rejeitos com alteamento a montante, bem como estabeleceu critérios e prazo para descaracterização desses tipos de construções, sobretudo daquelas que já não recebem aporte de sedimentos ou rejeitos, como consta na Lei 14.066/20.

Neste contexto um estudo complexo foi desenvolvido para a execução segura dos trabalhos de descaracterização de quatro (4) barragens de rejeito da Mina Fábrica no estado de Minas Gerais. Uma estrutura de contenção a jusante (barragem de concreto compactado a rolo) foi construída como medida mitigadora aos riscos associados no processo de descaracterização.

A construção de uma estrutura de contenção desse tipo, descrito no presente artigo incorpora práticas de sustentabilidade ambiental, inclusão social e governança ao universo corporativo das empresas, que se demonstram empenhadas em garantir a segurança, integridade ambiental e social. Adicionalmente, registra-se que o grau elevado de risco para a descaracterização sucessiva de barragens com alteamentos de linha de montante,

The results of the Dam Break study performed for this situation are presented.

Keywords – Dams raised upstream; Decharacterization of dams; Downstream containment structure; Dam legislation.

ao longo de mesma drenagem, pode constituir-se em sistema de colapso com efeito do tipo cascata: rupturas sucessivas iniciando-se pela estrutura mais a montante.

2. LEGISLAÇÃO DE BARRAGENS DE MINERAÇÃO NO BRASIL E NO ESTADO DE MINAS GERAIS

A legislação brasileira sobre barragens como um todo está passando por modificações sucessivas e necessárias tanto no âmbito federal como nos estaduais. As normas mais recentes e de maior relevância são:

- a Lei nº 14.066, de 30/9/2020 que alterou a Política Nacional de Segurança de Barragens (PNSB), instituída pela Lei nº 12.334/2010;
- as resoluções expedidas pela Agência Nacional de Mineração (ANM); e
- no estado de Minas Gerais, que abriga o maior número de barragens de rejeitos do país, foi instituída a Lei Estadual nº 23.291, de 25/2/2019, que versa sobre a Política Estadual de Segurança de Barragens (Pesb) e suas sucessivas regulamentações que estimularam outras normas e diretrizes de âmbito estadual.

Para ilustrar as sucessivas inserções das legislações vigentes, a **Figura 1** mostra a cronologia das alterações implementadas ao longo da linha do tempo dos últimos 10 anos (de 2010 a 2020).

A legislação mais severa foi decorrente dos dois últimos grandes desastres socioambientais

ocorridos em Minas Gerais: barragem de rejeitos do córrego do Fundão da Mina do Germano, em Mariana; e barragem B1, da Mina Córrego do Feijão, em Brumadinho. Dois dos principais aspectos das novas legislações são: a) o impedimento de novas construções de barragens de rejeitos com alteamento de linha de montante; b) determinação da descaracterização das já existentes e em desuso. Cabe destacar que a descaracterização de barragens não é um processo para descomissionamento ou desativação e tampouco para remoção da estrutura construída, como destacado nos parágrafos do próximo item.

Em complemento às normativas citadas na linha do tempo de regulamentações foram publicadas pela ANM mais três resoluções: 1) a Resolução N° 51, de 24 de dezembro de 2020 que cria e estabelece a periodicidade de execução ou atualização, a qualificação dos responsáveis técnicos, o conteúdo mínimo e o nível de detalhamento da Avaliação de Conformidade e Operacionalidade do PAEBM (Plano de Ações Emergenciais de Barragens de Mineração), que compreende o Relatório de Conformidade e Operacionalidade do PAEBM; 2) a Resolução ANM N° 56, de 28 de janeiro de 2021, que altera dispositivos da Resolução n° 51; e 3) Resolução ANM N° 95, de 07 de

fevereiro de 2022, que consolida os atos normativos que dispõem sobre segurança de barragens de mineração.

Barragens com metodologia construtiva com linha de montante, como mencionado, são aquelas cujos alteamentos, para ampliar sua capacidade em reter rejeitos, são realizados em etapas sucessivas. Esse processo de alteamento é feito, em geral, concomitantemente à extração de minério, e a construção do corpo do barramento para alteamento é executado com o próprio rejeito da mineração. A construção é feita por meio de lançamento hidráulico de rejeitos sobre a camada de depósito da etapa anterior, como ilustra a **Figura 2**. Este método construtivo, embora sejam executados sistemas de drenagens internas, possibilita ao barramento de rejeitos maior susceptibilidade às infiltrações de água tanto pelo corpo como pelas suas fundações. Tal fato pode reduzir a estabilidade da estrutura de barramento, logo o fator de segurança decresce, e consequentemente aumenta o risco de rompimento. Adicione-se a essa característica que o volume de rejeitos depositados sob os sucessivos alteamentos faz parte da estrutura do barramento como um todo, como mostra a **Figura 2**.

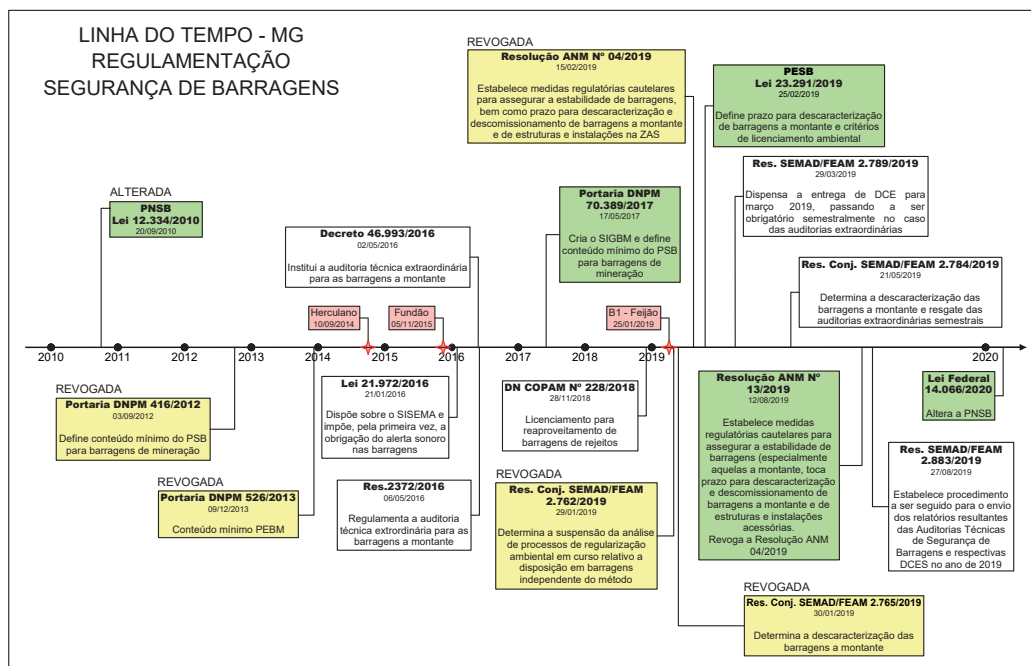


Figura 1- Linha do tempo da Regulamentação de Segurança de Barragens em Minas Gerais. Fonte: Araujo (2021).

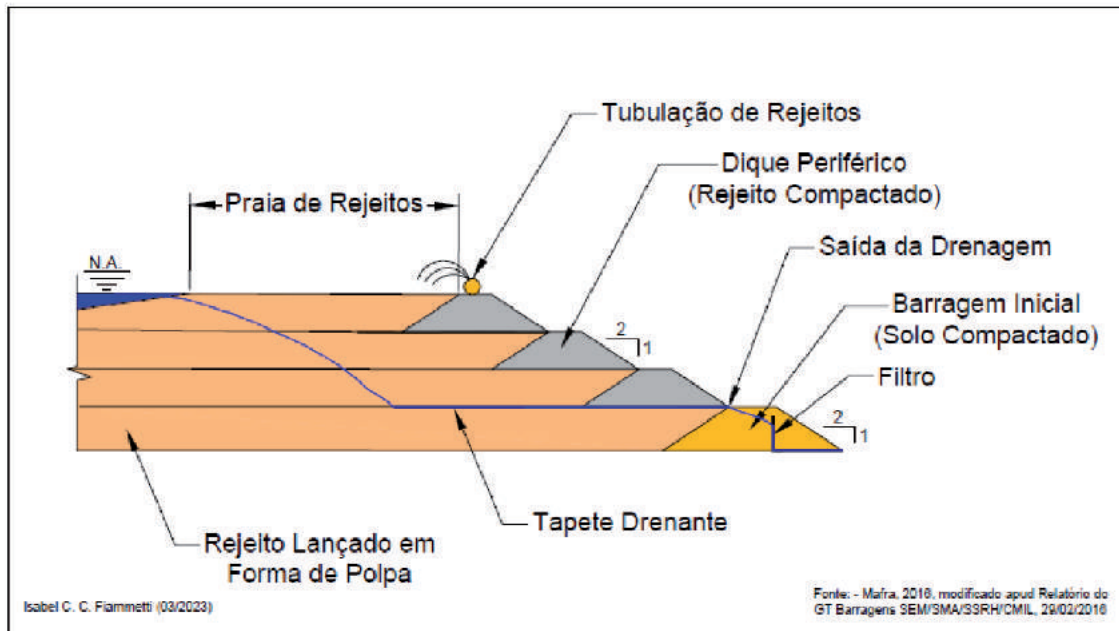


Figura 2- Seção esquemática de barragem de rejeitos com alteamento pelo método da Linha de Montante. Notar a indicação esquemática do maciço de fundações dos alteamentos sucessivos e um sistema de drenagem interna.

3. DESCARACTERIZAÇÃO DE BARRAGENS

Vários termos foram utilizados para a etapa final do empreendimento de uma barragem de rejeitos: descomissionamento, desativação, desconstrução entre outros termos. A Portaria nº 32/2020 da ANM trata o descomissionamento como uma etapa da descaracterização. E de acordo com essa Portaria a barragem de mineração descaracterizada é aquela que “não recebe, permanentemente, aporte de rejeitos e/ou sedimentos provenientes de sua atividade fim, a qual deixa de possuir características ou de exercer função de barragem, de acordo com o projeto técnico, compreendendo, mas não se limitando as etapas concluídas de:

Descomissionamento: encerramento das operações com a remoção das infraestruturas associadas, tais como, mas não se limitando, a espigotes, tubulações, exceto aquelas destinadas à garantia da segurança da estrutura;

Controle hidrológico e hidrogeológico: adoção de medidas efetivas para reduzir ou eliminar o aporte de águas superficiais e subterrâneas para o reservatório;

Estabilização: execução de medidas tomadas para garantir a estabilidade física e química de longo prazo das estruturas que permanecem no local; e

Monitoramento: acompanhamento pelo período necessário para verificar a eficácia das medidas de estabilização” (Lei nº 14.066/2020).

A descaracterização (SIMA, 2019, p.95; Portaria nº 32/2020 da ANM) de uma estrutura geotécnica é um procedimento bastante complexo, que requer o envolvimento de inúmeras discussões técnicas, investigações e instrumentações complementares e específicas para elaboração de um projeto executivo tal como é requerido em projetos de construção civil. As determinações legais são recentes, inéditas e os riscos associados ao processo para a descaracterização das barragens construídas com linha de montante, principalmente aquelas que não têm a sua estabilidade declarada, são elevadíssimos. Portanto, é essencial desenvolver um estudo minucioso e aprofundado a fim de entender as particularidades de cada estrutura para só a partir daí determinar a melhor alternativa prática para a sua descaracterização. A instrumentação geotécnica existente, que atendeu no monitoramento das estruturas em funcionamento, deve ser complementada para acompanhar o comportamento das estruturas e suas vizinhanças durante as etapas de trabalho do processo de descaracterização. De forma semelhante, eventual campanha de investigações e ensaios complemen-

tares deve ser realizada para elaborar o projeto executivo da descaracterização, conforme as normas e leis vigentes e as boas práticas de engenharia na elaboração de projetos básicos e executivos de obras civis (Leis 8.666/1993 e 13.303/2015; CRUZ, 2004).

A obrigatoriedade da descaracterização das barragens com alteamento a montante está respaldada tanto na legislação federal (Lei nº 12.334/2010, alterada pela Lei nº 14.066/2020, e Resolução nº 13/2019 da ANM), quanto à normativa estadual mineira por meio da Lei nº 23.291/2019. É necessário destacar que a Constituição Federal permite aos estados implementações de leis contributivas com a federal, e adicione-se que no caso do setor de mineração, o Estado de Minas abriga o maior número de barragens de rejeitos do país.

4. BARRAGENS COM ALTEAMENTO A MONTANTE ASSEGURADAS PELA ESTRUTURA DE CONTENÇÃO À JUSANTE DO COMPLEXO MINA FÁBRICA

Para atender a nova legislação vigente e proporcionar maior segurança ao processo de descaracterização, no caso específico do complexo da Mina Fábrica, uma estrutura contenção à jusante (ECJ) está em construção. A ECJ localiza-se cerca de 11 km à jusante das barragens de rejeitos de Forquilha I, Forquilha II, Forquilha III, Forquilha IV e Grupo, cujas barragens foram alteadas pelo método da linha de montante. Os estudos para descaracterização estão sendo efetuados e concluídos.

A barragem Forquilha IV localiza-se no córrego Bocaina, afluente do rio Mata Porcos, e as barragens de Forquilha I e II foram construídas em dois vales estreitos adjacentes e à montante de Forquilha IV. Já as barragens de Forquilha III e Grupo estão localizadas mais a montante, a leste e sudoeste de Forquilha II e I, respectivamente, conforme é possível observar no mapa de localização disponibilizado na **Figura 3**.

Na **Tabela 1** são apresentadas as características físicas gerais das barragens de rejeitos com alturas variáveis desde 44,13m até 105,0m e com capacidade de até 22hm³ ou 22.000.000m³. O total de rejeitos dessas barragens é da ordem de 60,726 milhões de metros cúbicos.

Pelas normas vigentes da ANA – Agência Nacional de Águas, todas as barragens que constam na Tabela 1 possuem parâmetros associados às características físicas construtivas, denominado por Categoria de Risco (CRI), valores classificados como altos. Adicione-se, ainda, o parâmetro Dano Potencial Associado (DPA), também classificado como alto. Este parâmetro está associado à potencialidade em causar danos às construções, à população e ao meio ambiente em caso de ruptura da estrutura de contenção de rejeitos. A conjugação desses dois parâmetros (CRI e DPA) indica a necessidade de as barragens possuírem, individualmente, o PAEBM, estabelecer as Zona de Auto Salvamento (ZAS) e Zona de Segurança Secundária (ZSS), bem como promover treinamento da população que pode ser afetada em caso de ocorrência de ruptura. Esse tipo de treinamento deve contemplar a participação da Defesa Civil.

Portanto, para quaisquer trabalhos de intervenção nessas estruturas há que se considerar o grande risco para a região de jusante, que motivou os empreendedores a decidirem pela adoção da inserção de uma estrutura de contenção à jusante (ECJ), em particular para a situação do complexo da Mina Fábrica, onde as estruturas de contenção de rejeitos estão dispostas em “cascata”, ou seja, no caso de ruptura da estrutura de montante pode ocorrer processo somatório de rupturas com as estrutura de jusante, cujo impacto pode resultar em danos de grande magnitude. É importante lembrar que o estado de Minas Gerais sofreu impactos gigantescos, inclusive com vítimas fatais, nas duas grandes rupturas de barragens de rejeitos (2015 e 2019).



Figura 3 - Localização das barragens asseguradas pela ECJ de Mina Fábrica. Fonte: Google Earth acessado às 19:49 do dia 12/12/21.

Tabela 1- Características gerais das barragens com método construtivo com alteamento à montante da mineração Mina Fábrica – Adaptado de planilha de dados, SINISB.

Nome da Barragem	UF	Município	Categoria de Risco	Dano Potencial Associado	Regulada pela PNSB	Altura da Fundação (m)	Capacidade (hm³)	Tipo de Material
Forquilha I	MG	OURO PRETO	Alto	Alto	Sim	98,3	12,763	Terra
Forquilha II	MG	OURO PRETO	Alto	Alto	Sim	93	22,778	Terra
Forquilha III	MG	OURO PRETO	Alto	Alto	Sim	77	19,476	Terra
Forquilha IV	MG	OURO PRETO	Alto	Alto	Sim	105	3,748	Rejeitos
Grupo	MG	OURO PRETO	Alto	Alto	Sim	44,13	1,961	Terra

5. ESTRUTURA DE CONTENÇÃO À JUSANTE (ECJ)

Como medida mitigatória para a descaracterização das barragens da Mina Fábrica, localizada em Congonhas, Minas Gerais, está na fase final de construção no Ribeirão Mata dos Porcos (afluente do rio Itabirito) uma estrutura de contenção em Concreto Compactado a Rolo, barragem do tipo

CCR (ADRIOLLO, 1998a), como mostram as Figuras 4 e 5.

A localização da barragem CCR e suas dimensões buscam atender aos resultados dos estudos de modelagem computacional para simulações de colapsos, denominado *Dam Break*, das barragens de Forquilha I, II, III, IV e Grupo. O propósito dessa estrutura é reduzir ao máximo os impactos à

população e ao meio ambiente, situados a jusante das barragens de contenção de rejeitos.

A nova estrutura de contenção à jusante (ECJ), em processo construtivo na etapa de descaracterização, está localizada entre os municípios de Itabirito e Ouro Preto, Minas Gerais, e possui a finalidade para conter os rejeitos dispostos no reservatório das estruturas situadas à montante e construídas pelo método de alteamento de linha de montante, no caso de uma eventual ruptura, durante as construções de obras de descaracterização. Esta estrutura visa proteger a Zona de Segurança Secundária (ZSS) das barragens, que inclui, além de Itabirito, os municípios de Rapo-

sos, Rio Acima, Nova Lima e três bairros de Belo Horizonte (Bairros Jardim Vitória III, Beija-Flor e Maria Tereza).

A ECJ possui a função de reter todo o rejeito, em um cenário hipotético de rompimento simultâneo ou sequencial de montante para jusante das barragens alteadas pelo método de linha de montante (Forquilha I, II, III e Grupo), que necessariamente devem ser descaracterizadas, conforme legislação vigente. Sua capacidade de retenção inclui, ainda, os rejeitos da barragem Forquilha IV, que está próxima das demais, mas que não será descaracterizada, já que não se trata de estrutura edificada pelo método da linha de montante.

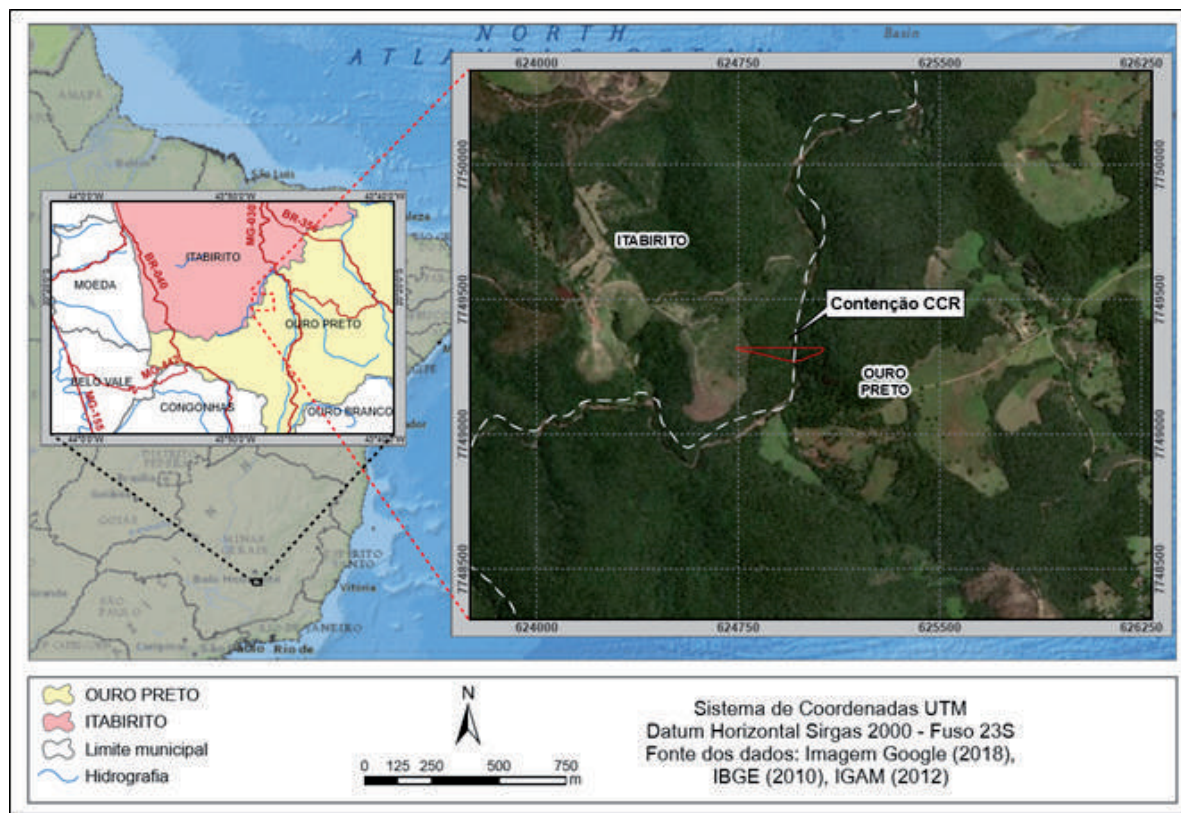


Figura 4 - Mapa de localização da Estrutura de Contenção de Jusante, entre os municípios de Itabirito e Ouro Preto, MG. Fonte: Google Earth acessado às 20:35 do dia 12/12/21.

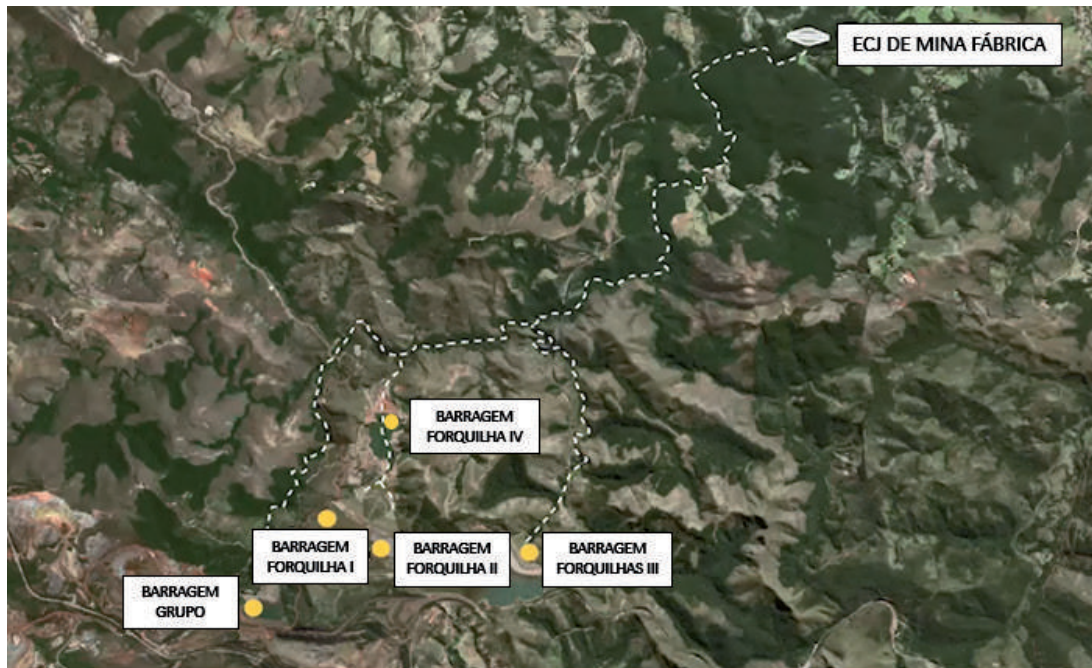


Figura 5 - Localização das barragens em relação à ECJ de Mina Fábrica, situada a jusante das estruturas existentes de contenção de rejeitos que devem ser descaracterizadas. A linha tracejada indica o traçado do curso d'água. Fonte: Google Earth acessado às 20:35 do dia 12/12/21.

5.1 Aspectos gerais do projeto construtivo da ECJ

Essa estrutura consiste de uma barragem do tipo de contenção de rejeitos, porém construída pelo mesmo tipo dos procedimentos técnicos empregados na construção de barragens para acúmulo de água, seja para geração de energia elétrica como para uso múltiplo de água. Tal barragem é do tipo gravidade, executada em concreto seco e compactado por meio de equipamento de compactação (ADRIOLLO, 1998b) e contempla uma galeria de desvio construída de concreto convencional. A barragem possui altura máxima aproximada de 95m, base com largura máxima da ordem de 100m e extensão de crista de aproximadamente 330m. Essa estrutura está em fase final de construção e possui capacidade para conter todos os rejeitos dispostos atualmente nos reservatórios das 5 barragens em questão do complexo Mina Fábrica.

A estratégia construtiva da ECJ de Mina Fábrica foi elaborada para ser desenvolvida em duas etapas:

1ª Fase – Construção até a elevação 949 mm cuja capacidade permite conter os rejeitos de Forquilha III, ou do conjunto das barragens Forquilha I, II e IV, já que o rompimento hipotético de Forquilha III não impacta a estrutura das demais barragens.

2ª Fase – Alteamento até a elevação 967m: capacidade para conter 100% dos rejeitos em caso de rompimento de todas as estruturas, inclusive da barragem Grupo.

A **Figura 6** mostra de forma esquemática os quantitativos de trabalhadores e de materiais mobilizados na construção da ECJ, e a **Figura 7** mostra a imagem aérea da Estrutura de Contenção à Jusante em sua etapa de finalização.

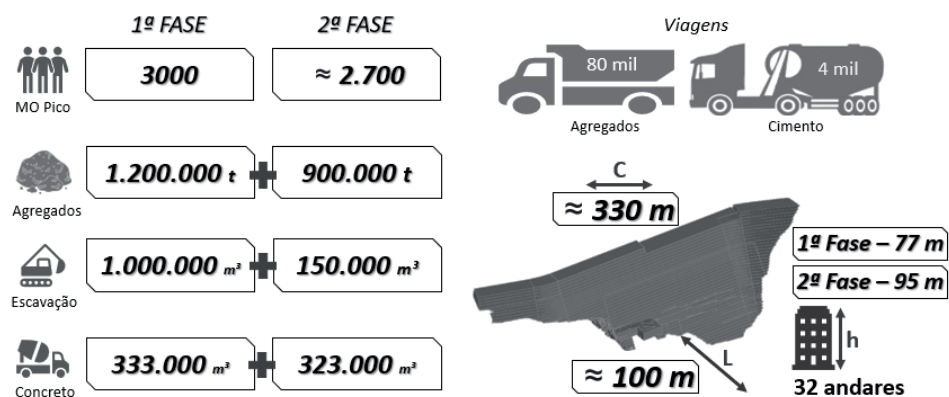


Figura 6 - Quantitativos para a construção do Projeto - ECJ Mina Fábrica.



Figura 7 - Imagem aérea obtida por drone da ECJ de Mina Fábrica, agosto de 2021.

5.2 Mancha de inundação

Os estudos de modelagem numérica (*Dam Break*) foram desenvolvidos visando avaliar o impacto de uma potencial ruptura das barragens de rejeitos, mencionadas anteriormente, na área retida pela barragem de *backup* (barragem ECJ). Na **Figura 8** é possível observar as estimativas dos tempos de chegada da mancha de inundação de uma ruptura hipotética geral de todas as estruturas de contenção de rejeitos e/ou consecutivas das 5 barragens (4 barragens dispostas em forma

de cascata). Considerações geotécnicas foram realizadas, fundamentadas em dados existentes das barragens de rejeitos a fim de se definir os cenários de falhas a serem considerados. Avaliou-se pelas características das estruturas e dos tipos de rejeitos acumulados, e optou-se em selecionar a modelagem mais adequada, considerando que o fluxo de rejeitos é do tipo fluido visco plástico não newtoniano. Pelas características físicas do vale a jusante admitiram-se perdas de cargas decorrentes de obstáculos existentes nos valões entre outras condicionantes estabelecidas na modelagem.

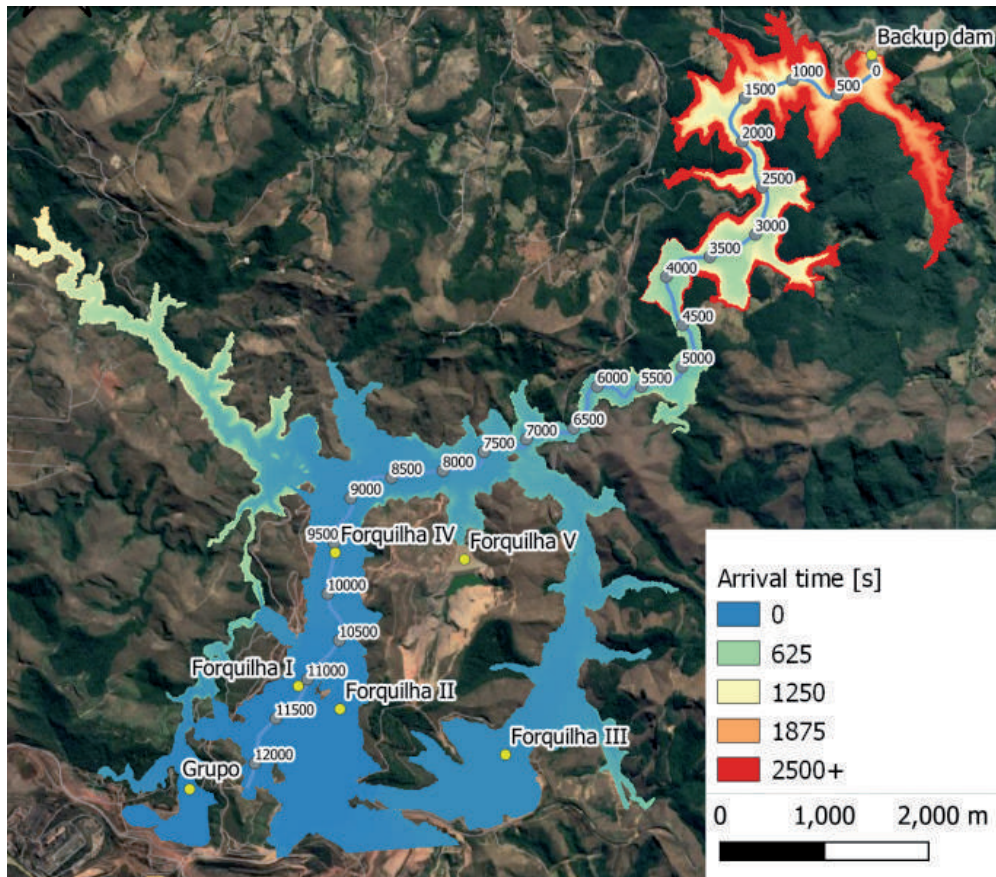


Figura 8 - Tempo de chegada da mancha de inundação à Backup Dam (ECJ). Fonte: Relatório Fugro, 2020.

CONCLUSÕES

O processo para descaracterização das barragens de rejeitos construídas pelo método de alteamento linha de montante do complexo de estruturas da Mina Fábrica visa atender a nova legislação vigente, em especial a do estado de Minas Gerais. Destacam-se que essas novas legislações, sobretudo as de barragens de mineração, não trazem a obrigatoriedade em construir barragens com nível de segurança semelhante às de acumulação de água para geração de energia elétrica ou para uso múltiplo, tampouco de estrutura do tipo da construção da ECJ da Mina Fábrica. No entanto, a disposição das barragens de contenção existentes nessa mineração é vinculado aos impactos já sofridos pela população decorrentes dos desastres de Mariana e Brumadinho, a alta direção do empreendimento de mineração optou pela construção de estrutura robusta e com menor risco de colapso. Tal decisão proporciona maior nível de segurança para a população, bem como reduz o

risco de impactos ao meio ambiente, no caso da necessidade de se conter rejeitos decorrentes da mobilização simultânea das barragens existentes e dispostas em “cascata”. Destaca-se que o volume a ser mobilizado e os esforços gerados foram previstos nos estudos de descaracterização das 5 estruturas.

Sob a ótica de que não existe obras de engenharia civil com risco zero, portanto, todas possuem maior ou menor risco, a construção da estrutura de contenção de jusante (ECJ), por meio da edificação de uma barragem de concreto compactado a rolo, apresentou-se como medida mitigadora de menor risco para um cenário hipotético de ocorrência de ruptura total e simultânea ou sequencial das cinco barragens de rejeitos de Mina Fábrica situadas a montante da ECJ.

A finalização da ECJ permitirá o início dos trabalhos, com maior segurança, do processo físico de estudos, investigações e instrumentações complementares para caracterização geológica-geotécnica das estruturas e reservatórios para

fins de elaboração dos projetos executivos de descaracterização das 5 barragens do complexo Mina Fábrica. Tais atividades devem ser precedidas por campanha de instalação de novos instrumentos geotécnicos para acompanhamento do comportamento das estruturas existentes durante o processo de descaracterização do sistema de 5 barragens, seja por meio de intervenções pontuais eventualmente necessárias ou a execução propriamente dita das obras para descaracterização das barragens.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem aos responsáveis pela permissão na divulgação dos dados que contribuem no desenvolvimento de estudos relacionados à segurança de barragens, principalmente, na busca de soluções tecnológicas necessárias nesse novo cenários da mineração que requer a adoção da descaracterização de barragens.

REFERÊNCIAS

ADRIOLLO, F.R. Barragens CCR – Discussões relacionadas ao projeto, planejamento da construção, controle de qualidade e suas interrelações. *In: SEMINÁRIO NACIONAL DE CONCRETO COMPACTADO COM ROLO*, 3, 1998a, Foz do Iguaçu. Anais...Foz do Iguaçu, novembro. p.21-25.

ADRIOLLO, F.R. *The use of roller compacted concrete*. São Paulo: Oficina de Textos. 1998b.

ARAUJO, W. Descaracterização de Barragens. Curso online: Instituto Minere, 2021.

BRASIL. Lei nº 12.334, de 20 de setembro de 2010. Estabelece a Política Nacional de Segurança de Barragens destinadas à acumulação de água para quaisquer usos, à disposição final ou temporária de rejeitos e à acumulação de resíduos industriais, cria o Sistema Nacional de Informações sobre Segurança de Barragens e altera a redação do art. 35 da Lei nº 9.433, de 8 de janeiro de 1997, e do art. 4º da Lei nº 9.984, de 17 de julho de 2000. Diário Oficial da União, 21 set. 2010. Disponível em: <https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2010/lei/l12334.htm>. Acesso em: 20 nov. 2021.

BRASIL. Lei nº 14.066, de 30 de setembro de 2020. Altera a Lei nº 12.334, de 20 de setembro de 2010. Diário Oficial da União, 01 out. 2020. Disponível em: <www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2019-2022/2020/Lei/L14066.htm>. Acesso em: 20 nov. 2021.

BRASIL. Ministério de Minas e Energia. Agência Nacional de Mineração (ANM). Resolução Nº 13, de 08 de agosto de 2019. Estabelece medidas regulatórias objetivando assegurar a estabilidade de barragens de mineração, notadamente aquelas construídas ou alteadas pelo método denominado “a montante” ou por método declarado como desconhecido e dá outras providências. Diário Oficial da União, 12 ago. 2019. Disponível em: <<https://www.in.gov.br/web/dou/-/resolucao-n-13-de-8-de-agosto-de-2019-210037027>>. Acesso em: 20 nov. 2021.

BRASIL. Ministério de Minas e Energia. Agência Nacional de Mineração (ANM). Resolução Nº 51, de 24 de dezembro de 2020. Cria e estabelece a periodicidade de execução ou atualização, a qualificação dos responsáveis técnicos, o conteúdo mínimo e o nível de detalhamento da Avaliação de Conformidade e Operacionalidade do PAEBM - ACO, que compreende o Relatório de Conformidade e Operacionalidade do PAEBM - RCO e a Declaração de Conformidade e Operacionalidade do PAEBM - DCO. Diário Oficial da União, 29 dez. 2020. Disponível em: <<https://www.in.gov.br/en/web/dou/-/resolucao-n-51-de-24-de-dezembro-de-2020-296821959>>. Acesso em: 11 jan. 2022.

BRASIL. Ministério de Minas e Energia. Agência Nacional de Mineração (ANM). Resolução Nº 56, de 28 de janeiro de 2021. Altera dispositivos da Resolução nº 51, de 24 de dezembro de 2020, publicada em 29 de dezembro de 2020. Diário Oficial da União, 16 fev. 2022. Disponível em: <<https://www.in.gov.br/web/dou/-/resolucao-n-95-de-7-de-fevereiro-de-2022-380760962>>. Acesso em: 21 fev. 2022.

BRASIL. Ministério de Minas e Energia. Agência Nacional de Mineração (ANM). Resolução Nº 95, de 07 de fevereiro de 2022. Consolida os atos normativos que dispõem sobre segurança de bar-

ragens de mineração. Diário Oficial da União, 29 jan. 2021. Disponível em: <<https://www.in.gov.br/en/web/dou/-/resolucao-anm-n-56-de-28-de-janeiro-de-2021-301401259>>. Acesso em: 11 jan. 2022.

BRASIL. Resolução ANA N° 121, de 09 de maio de 2022. Altera a Resolução da ANA n° 236, de 30 de janeiro de 2017, que estabelece a periodicidade de execução ou atualização, a qualificação dos responsáveis técnicos, o conteúdo mínimo e o nível de detalhamento do Plano de Segurança da Barragem e do Plano de Ação de emergência. Disponível em: <<https://www.in.gov.br/en/web/dou/-/resolucao-ana-n-121-de-9-de-maio-de-2022-399679177>>. Acesso em: 26 fev. 2023.

CRUZ, Paulo Teixeira da. 100 barragens brasileiras: casos históricos, materiais de construção, projeto. 2. ed. São Paulo: Oficina de Textos, 2004. 680 p.

MAFRA, J. M. Q. (VOGBR). Construção de Barragens de Rejeitos de Mineração. Seminário Técnico - Barragens de Mineração (SEM-SP). Anais. São

Paulo: Secretaria de Energia e Mineração, 2016. Disponível em: <http://www.energia.sp.gov.br/a2sitebox/arquivos/documentos/872.pdf>

MINAS GERAIS. Lei n° 23.291, de 25 de fevereiro de 2019. Institui a política estadual de segurança de barragens. Diário do Executivo, 26 fev. 2019. Disponível em: <www.siam.mg.gov.br/sla/download.pdf?idNorma=47899>. Acesso em: 20 nov. 2021.

FUGRO Relatório Técnico - C167832-R-01, emitido em 10-09-2020.

SIMA - Secretaria de Infraestrutura e Meio Ambiente do Estado de São Paulo. Barragens no Estado de São Paulo: relatório do grupo de trabalho, 2019. São Paulo, 384p.

SINISB - Sistema Nacional de Informações Sobre Segurança de Barragens, 2022. Informações de barragens. Disponível em: <<https://www.snisb.gov.br/>>. Acesso em: 05 fev. 2022.

CONTRIBUIÇÕES E REFLEXÕES

A RBGEA abre esse espaço para que os membros de nossa comunidade tenham divulgados suas ideias, pensamentos e opiniões sobre temas e assuntos relacionados à Geologia de Engenharia e Ambiental.

Esperamos com estes textos iniciar debates e discussões e por isso questionamentos, perguntas, opiniões serão muito bem vindas.

ENCHENTES URBANAS: DO DIAGNÓSTICO À SOLUÇÃO

ÁLVARO RODRIGUES DOS SANTOS

Geólogo, Consultor em Geologia de Engenharia e Geotecnia, santosalvaro@uol.com.br

Apesar dos grandes recursos financeiros já investidos em obras e serviços de infraestrutura hidráulica, como ampliação das calhas e desassoreamento de seus grandes rios, a dura realidade vem mostrando que um enorme número de médias e grandes cidades brasileiras estão cada vez mais vulneráveis a episódios de enchentes. Há uma explicação elementar para tanto: resistindo a admitir o total fracasso do modelo adotado para o enfrentamento do problema, todas essas cidades continuam a cometer os mesmos erros básicos que estão na origem causal das enchentes urbanas.

Relembremos a equação básica das enchentes urbanas: **“volumes crescentemente maiores de águas pluviais, em tempos sucessivamente menores, sendo escoados para drenagens naturais e construídas progressivamente incapazes de lhes dar vazão”**.

Ou seja, a cidade, por força de sua impermeabilização, perde a capacidade de reter as águas de chuva, lançando-as em grande volume e instantaneamente sobre um sistema de drenagem – valetas, galerias, canais, bueiros, córregos, rios – não dimensionado para tal desempenho. E aí, as enchentes. Ao menos em seu tipo mais comum.

Excessiva canalização de córregos e o enorme assoreamento de todo o sistema de drenagem por sedimentos oriundos de processos erosivos e por toda ordem de entulhos – construção civil e lixo urbano compõem fatores adicionais que contribuem para lançar as cidades a níveis críticos de dramaticidade no que se refere aos danos humanos e materiais associados aos fenômenos de enchentes. E, lamentável e inexplicavelmente, as cidades continuam a cometer todos esses erros.

Da equação hidráulica enunciada decorrem duas linhas básicas e lógicas de ação para a redução das enchentes urbanas: a primeira, voltada a

umentar a capacidade de vazão de toda a rede de drenagem, a segunda, voltada a **recuperar a capacidade da cidade reter uma boa parte de suas águas pluviais, reduzindo assim o volume dessas águas que é lançado sobre as drenagens**.

Muitas cidades, a exemplo de São Paulo, tem quase exclusivamente atuado na primeira linha básica de ação, ou seja, procurado aumentar a capacidade de vazão de córregos e rios principais através de obras e serviços de engenharia, a um custo extraordinário e com resultados altamente comprometidos pelo violento processo de assoreamento a que todo esse sistema de drenagem continua sendo submetido. Infelizmente, ainda dentro dessa primeira linha de ação, praticamente nada se faz no que conta à indispensabilidade de atualização/readequação hidráulica da velha rede de drenagem já instalada, ou seja, canais, galerias, bueiros, etc.

Quanto à segunda linha de ação, ou seja, a recuperação da capacidade do espaço urbano em reter águas de chuva, priorizou-se a construção dos malfadados e dispendiosos piscinões, uma obra que por suas terríveis contra-indicações urbanísticas, pois que na prática constitui um verdadeiro atentado urbanístico, financeiro, sanitário e ambiental, deveria ser a última das últimas alternativas a ser pensada.

No entanto, com esse mesmo objetivo de retenção máxima de águas de chuva, e sem as contra-indicações dos piscinões, há um enorme elenco de medidas, virtuosamente utilizadas em vários países, que sequer foram consideradas, apesar das insistentes cobranças do meio técnico: **reservatórios domésticos e empresariais para acumulação e infiltração de águas de chuva, calçadas e sarjetas drenantes, pátios e estacionamentos drenantes, valetas, trincheiras e poços drenantes,**

multiplicação dos bosques florestados por todo o espaço urbano, etc. São as chamadas medidas não estruturais, que uma vez aliadas a um vigoroso combate aos processos erosivos e a uma radical coibição do lançamento irregular de lixo urbano e entulho da construção civil, constituem providência indispensável para o sucesso de qualquer programa de combate às enchentes. E mesmo que isoladamente não suficientes para a eliminação total do problema, terão a propriedade de reduzir drasticamente a quantidade, as dimensões e os custos das medidas estruturais de aumento de vazão que ainda se façam necessárias.

Vale registrar que a infiltração é normalmente um processo lento e os expedientes de retenção não podem depender apenas dela para cumprirem seu papel. No combate às enchentes ou se retém de imediato as águas de um forte episódio pluviométrico, ou os efeitos hidrológicos serão mínimos. Para tanto, todos os sistemas de maior retenção devem especialmente cumprir a função primeira de acumulação. Será esse volume imediatamente acumulado que irá aliviar o sistema público de drenagem urbana de um determinado volume de água. Obviamente, a infiltração interessa, mas por

outro motivo, para a alimentação do sacrificedo lençol freático das áreas urbanizadas.

Um exemplo: um estacionamento a céu aberto com piso permeável deverá ser projetado de forma a permitir a acumulação de água em uma base porosa (p.e. brita) de algo como 0,5m de espessura. Imaginando um estacionamento de 5 mil m² será essa base porosa que propiciará a acumulação de algo como 2 mil m³ de águas pluviais. Que, passada a chuva, irão então lentamente infiltrando-se no solo. Da mesma forma devem ser concebidos os reservatórios prediais.

No caso dos bosques florestados, nossos “piscinões verdes”, um dos melhores expedientes para a retenção de águas de chuva na área urbana, essa retenção também não se dá por uma imediata infiltração, mas pelo encharcamento de todo o corpo florestal: copas, galharia, epífitas, lianas, serapilheira e o horizonte A orgânico do solo (esse extremamente poroso). É dessa maneira que as florestas conseguem reter de imediato até 85% das águas de um episódio pluviométrico significativo.

As Figuras a seguir mostram muitas dessas situações.



Figura 1 - A cultura urbanística da impermeabilização.



Figura 2 - A cultura técnica do desbaste de quadras em novos loteamentos.



Figura 3 - A cultura urbana da erosão e do assoreamento.



Figura 4 - A cultura urbana da erosão e do assoreamento.



Figura 5 - A convivência com as enchentes urbanas.



Figura 6 - Os grandes prejuízos das enchentes urbanas.

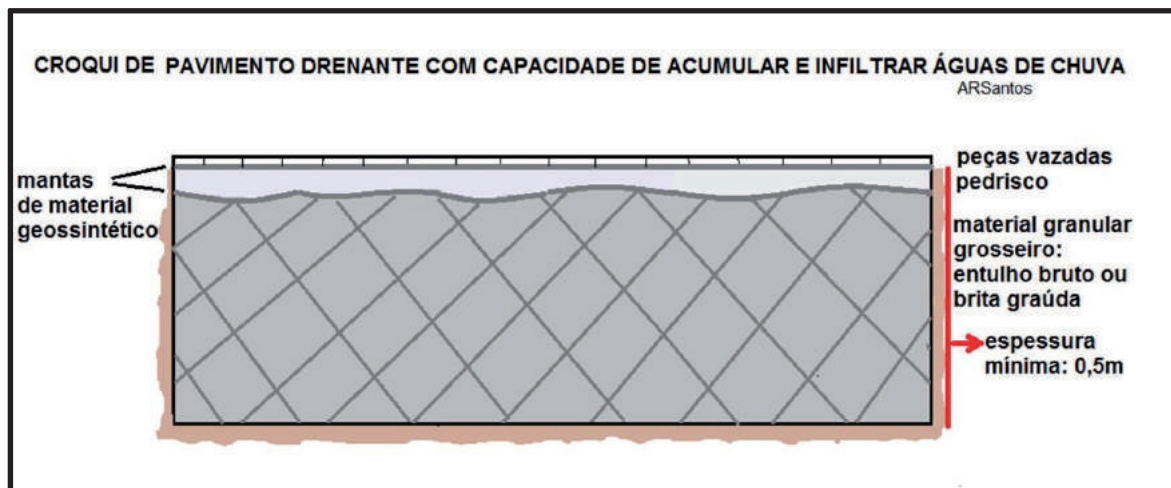


Figura 7 - Exemplo de concepção de pavimentos drenantes com capacidade de acumulação e infiltração de águas de chuva adequados para pisos de estacionamentos, pátios e demais espaços públicos ou privados a céu aberto.

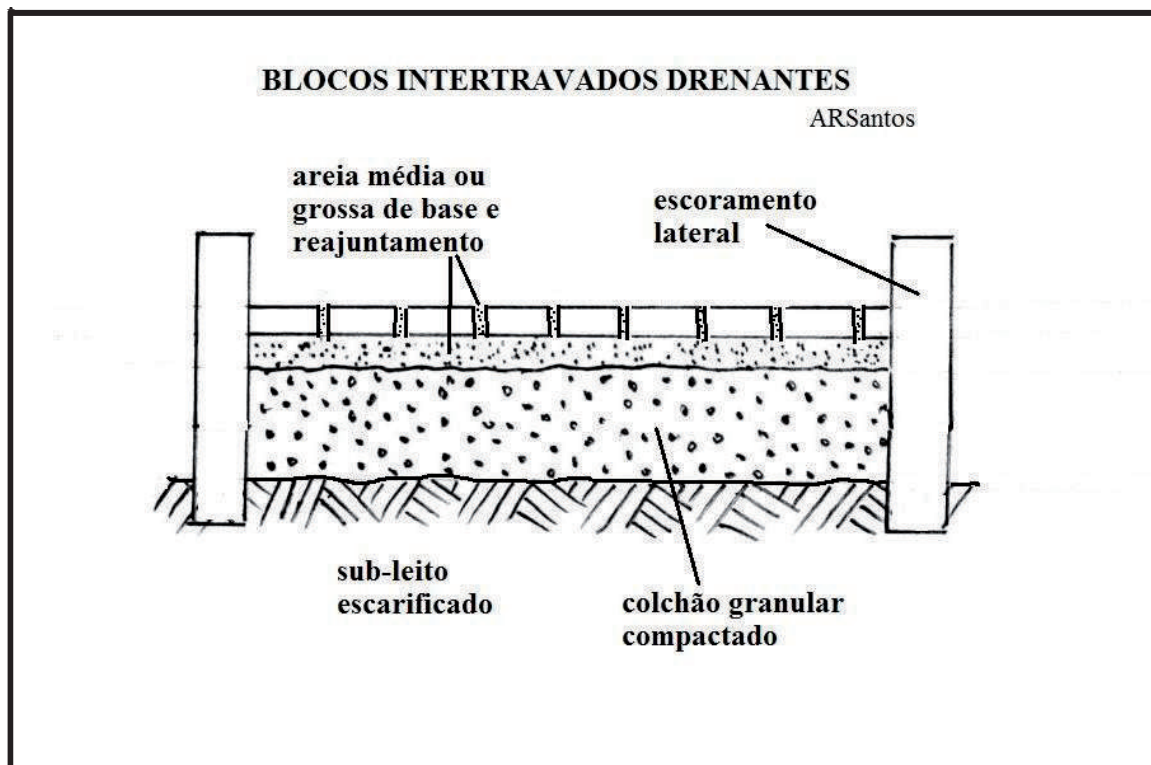


Figura 8 - Blocos intertravados, um dos muitos tipos hoje disponíveis de pisos drenantes.

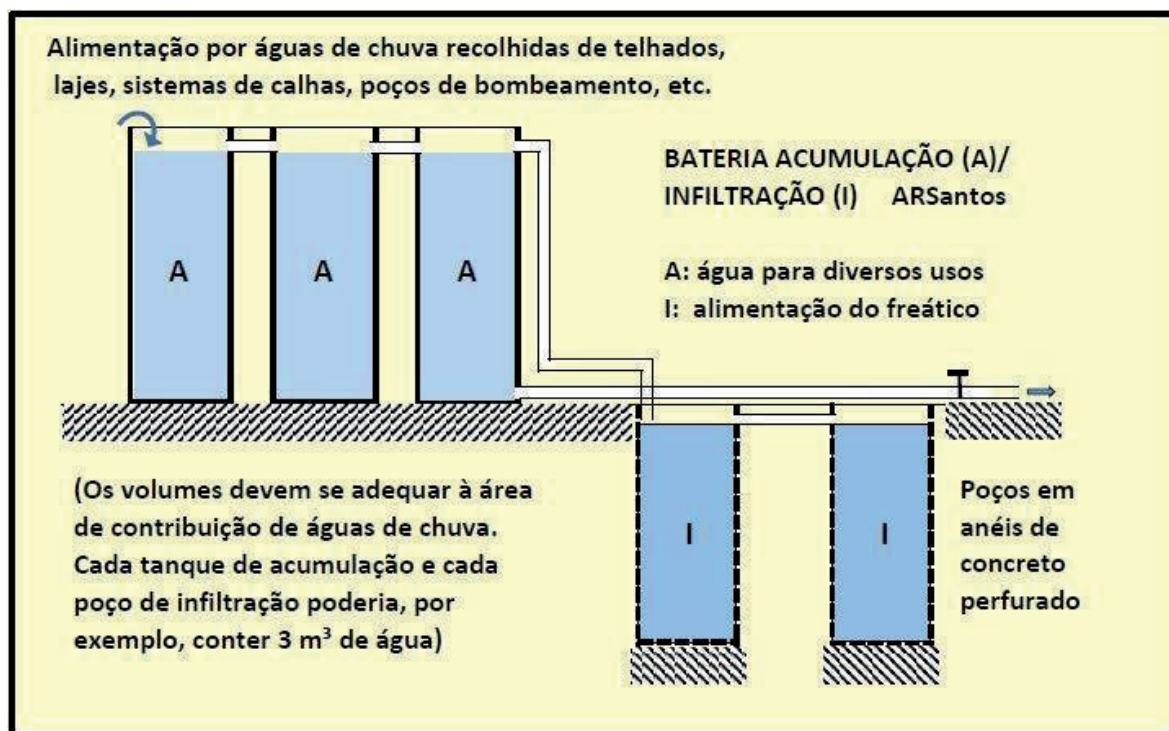


Figura 9 - Sistema conjugado de caixas de acumulação e poços de infiltração. Ideal para grandes empreendimentos.

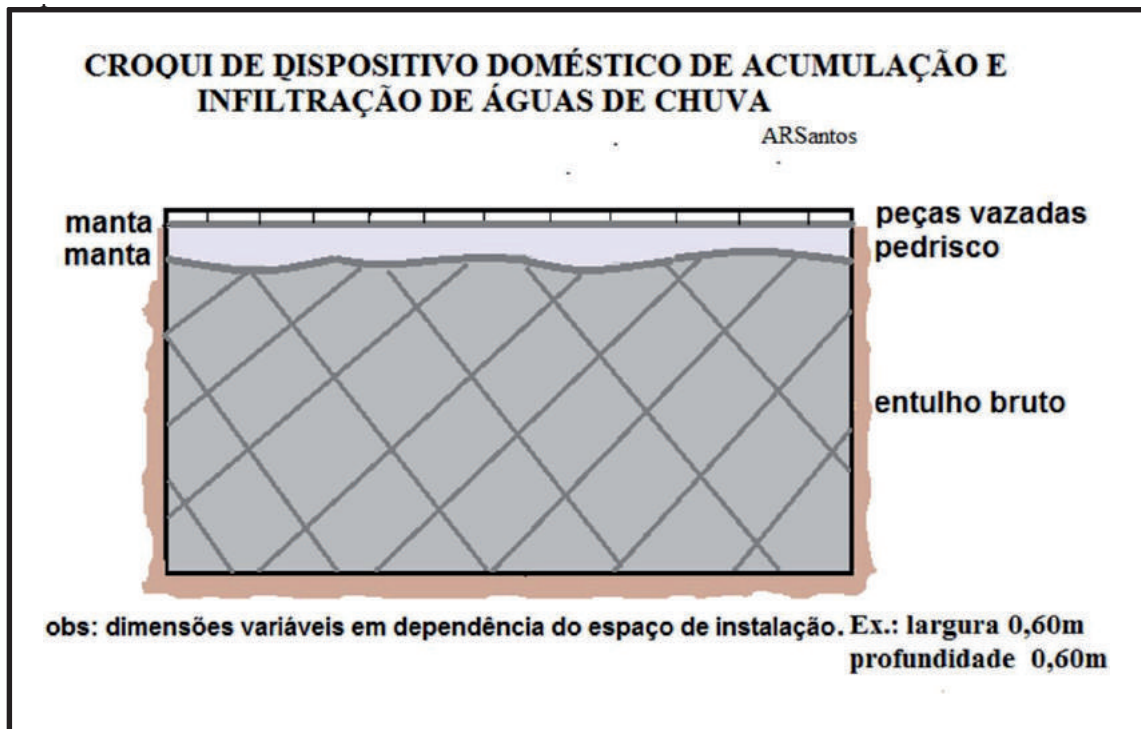


Figura 10 - Dispositivo de acumulação/infiltração de águas de chuva, indicado para lotes de até 500m² e em especial para quintais com cobertura de pisos.



Figura 11 - Foto de um dispositivo doméstico de acumulação/infiltração já instalado em plena operação.



Figura 12 - Dispositivo para acumulação e uso de águas de chuva através de recolhimento das águas pluviais incidentes sobre o telhado.



Figura 13 - Uma outra instalação para acumulação e uso de águas de chuva incidentes sobre telhados.

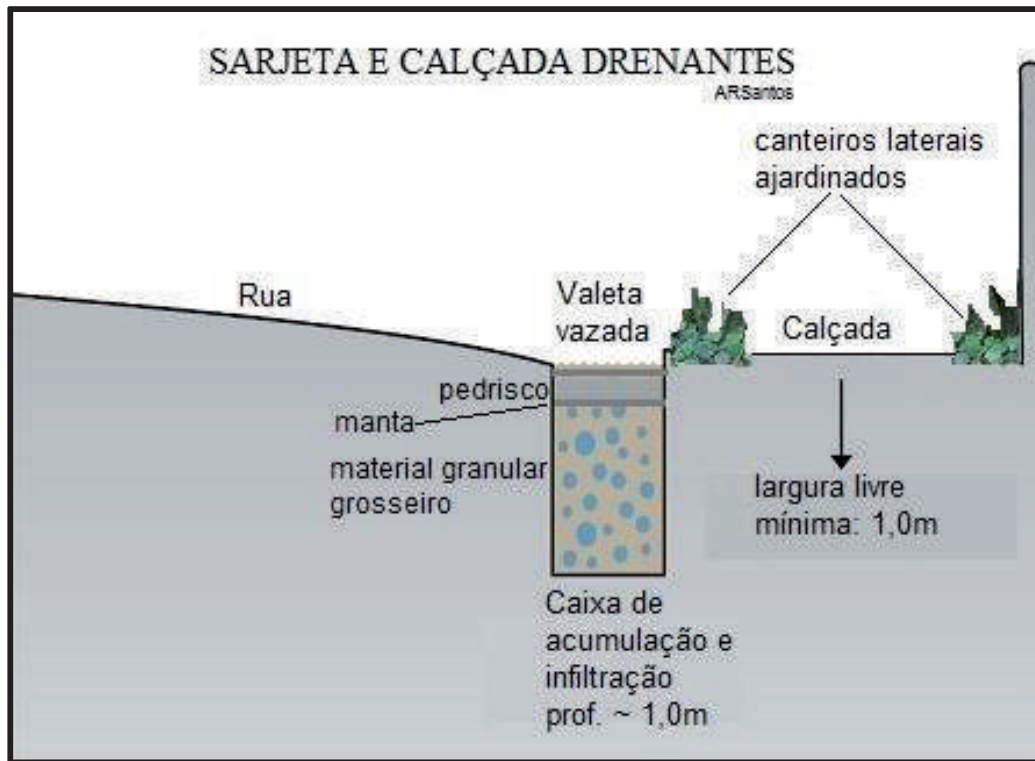


Figura 14 - Croqui de combinação de valetas drenantes e calçadas com canteiros laterais. As águas de chuva obrigatoriamente passam pelas valetas urbanas, o que as qualifica como ótima oportunidade de acumulação e infiltração de um bom volume dessas águas.



Figura 15 - Exemplo com sarjeta e calçada totalmente impermeáveis.



Figura 16 - Exemplo do que seria a combinação de valetas drenantes e calçadas ajardinadas.

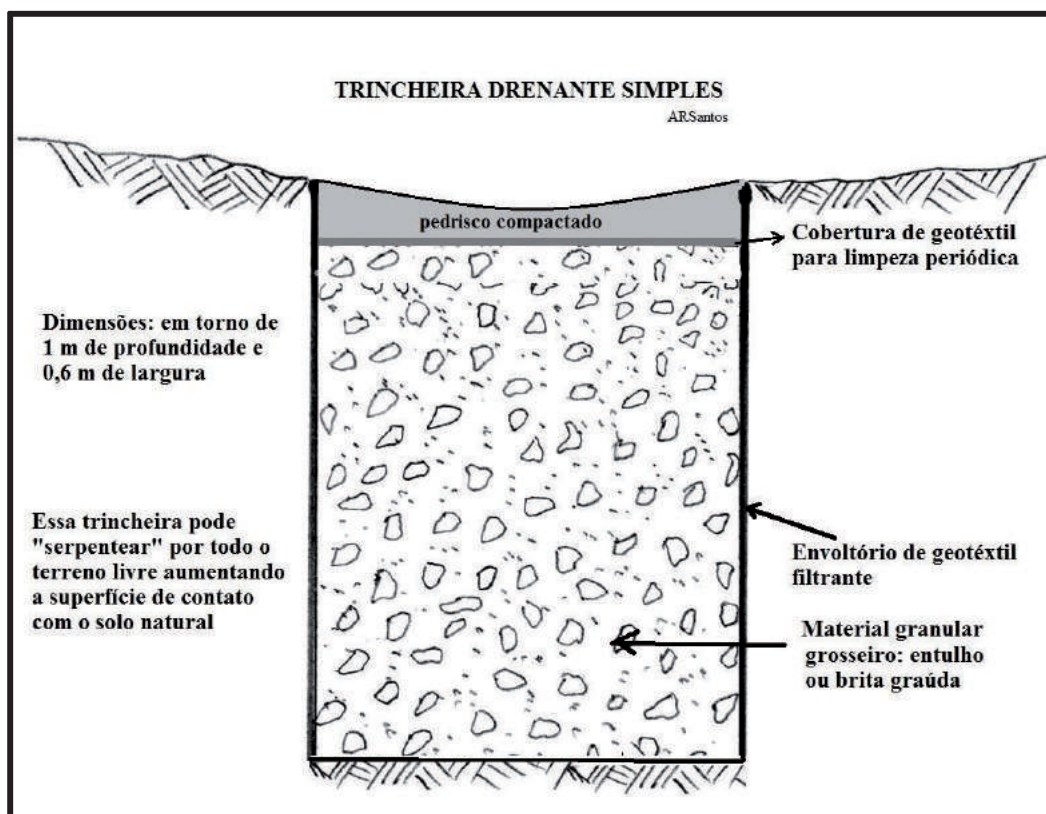


Figura 17 - Esquema de trincheira drenante simples. Esse dispositivo de acumulação e infiltração pode ser utilizado nas mais diversas situações em espaços públicos e privados.

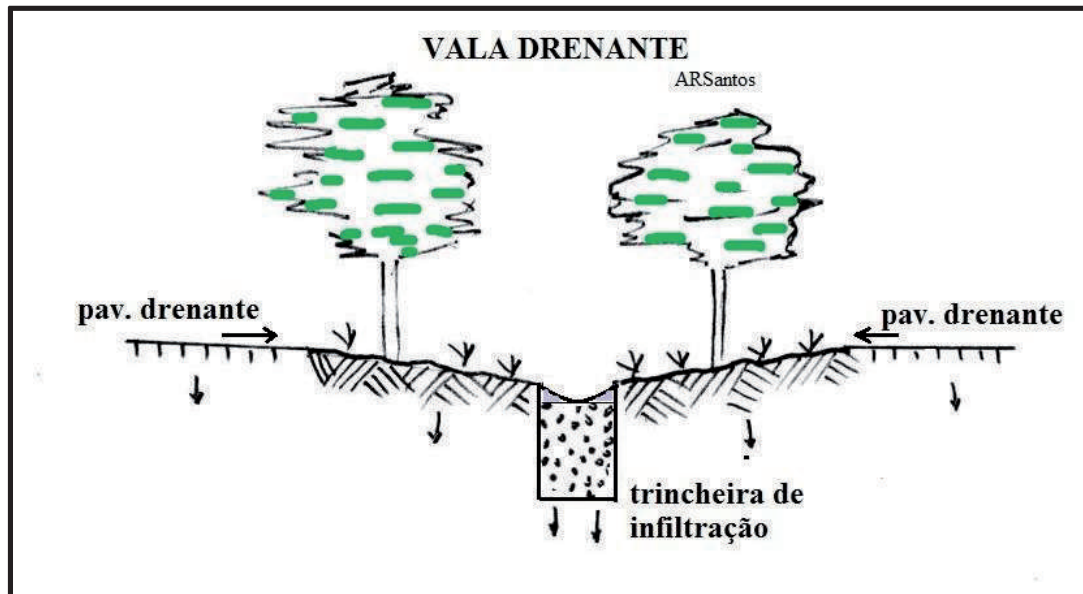


Figura 18 - Vala drenante. Dispositivo extremamente prático e eficiente para ser utilizado, por exemplo, como faixas separadoras de bolsões de estacionamento.



Figura 19 - Exemplo de bosque florestado urbano. Expediente de enorme qualificação ambiental para o aumento de retenção e infiltração de águas de chuva.



Figura 20 - Exemplo de bosque florestado urbano. Expediente de enorme qualificação ambiental para o aumento de retenção e infiltração de águas de chuva.

A IMPORTÂNCIA DE PREFEITURAS SE ASSOCIAREM À ABGE

JOÃO JERONIMO MONTICELLI

Geólogo (IGc/USP, 1971) e Mestre em Geotecnia (EESC/USP, 1984)

1. INTRODUÇÃO

Não há dúvidas de que as demandas por serviços públicos têm aumentado significativamente junto às prefeituras e isso nem sempre acontece com correspondentes orçamentos e capacidade administrativa e técnica locais necessárias. Os eventos climáticos extremos, como inundações e movimentos de massa, impactam de maneira brutal as cidades e seus bairros, principalmente aqueles em que habitam as populações mais vulneráveis.

Em todo o setor municipal há necessidade de ações conjuntas e orçamentos compartilhados entre as diferentes esferas de governo – federal, estaduais e municipais -- mas essas articulações nem sempre alcançam sucesso, sendo comum as dificuldades políticas e institucionais e as de natureza técnica (expertise profissional).

A legislação em Defesa Civil, por exemplo, vem consolidando uma política nacional de longo prazo em prevenção e mitigação de riscos naturais, principalmente os decorrentes de deslizamentos e inundações. Essa legislação orienta ações conjuntas dos níveis federal, estaduais e municipais e cria e integra as políticas e os sistemas de Defesa Civil das diferentes esferas de governo. Propõe apoio federal para a elaboração de cartas geotécnicas como instrumentos orientadores aos administradores municipais, de fundamental importância para o uso e ocupação do solo e à gestão e à atualização de Planos Diretores Municipais.

Tudo isso demanda aperfeiçoamento técnico contínuo dos agentes municipais envolvidos nesse tema, não só os graduados em engenharias e geociências, como todos os demais profissionais, mesmo os não universitários. Desde 2013 a ABGE permite, estatutariamente, a associação de prefeitu-

turas, mas somente em 2023 foi feita a primeira adesão, da Prefeitura de Paraty, RJ. A finalidade principal de uma prefeitura se associar a ABGE é trazer os profissionais municipais a participarem de uma rede técnica (*network*) e se interajam, se capacitarem e poderem compartilhar as suas experiências municipais com o universo do meio acadêmico e profissional da Geotecnia, em especial da Geologia de Engenharia.

2. PARATY – PATRIMÔNIO MUNDIAL

Paraty teve o seu conjunto arquitetônico do centro histórico declarado Patrimônio Nacional em 1958. Em 1966, o entorno também foi protegido por novas medidas legais tomadas pelo IPHAN. Em 2019, além do espaço urbano, o espaço natural e cultural (patrimônio cultural vivo) do município foi reconhecido como Patrimônio Mundial pela UNESCO.

Vários relatórios foram apresentados à UNESCO para justificar o título de Patrimônio Mundial, inclusive estudos e mapeamentos geológicos. Entretanto, os estudos envolvendo as geociências somente fazem parte dos Anexos, não fazem parte e não são citados nos relatórios executivos -- que resumem centenas de páginas dos estudos efetuados -- e nem no Plano de Gestão, exigência da UNESCO para manter o título. Na opinião do autor desta nota, isso se deve à falta de foco na Geologia de Engenharia, que é uma ciência que atua não pela liberdade de pesquisa, mas pela capacidade de selecionar os temas e profundidade dos trabalhos para solucionar problemas de engenharia e de uso do solo (Langer, 1990, *apud* Oliveira e Monticelli, 2018). Assim, mapeamentos geológicos, geomorfológicos e estruturais foram

bem-produzidos, mas sem foco nos movimentos de massa, erosão, relevo, pluviosidade, áreas inundáveis, cortes e aterros, impactos antrópicos ao longo do tempo... ou seja, sem avaliação dos condicionantes do meio físico na gestão do território delimitado como Patrimônio Mundial.

3. REPLICAR A EXPERIÊNCIA DE PARATY A OUTROS MUNICÍPIOS

Os **Anexos** a esta nota contém mensagem do Presidente da ABGE, a Lei Municipal e as Justificativas encaminhadas à Câmara Municipal. O modelo de Lei e as Justificativas pode ser replicado pelo Brasil todo, principalmente para os municípios mais sensíveis a movimentos de massa e inundações.

Durante as tratativas desenvolvidas junto ao Executivo e Legislativo de Paraty, chegou-se a avaliar a adesão à ABGE através de um Decreto

Municipal, mas, com os avanços das tratativas, foi dada preferência à proposição de uma lei, devidamente acolhida pelo legislativo municipal.

A taxa de anuidade, aprovada pela ABGE, apesar de bem baixa, foi considerada como mais um incentivo à adesão de municípios como associados.

REFERÊNCIA

Oliveira, A. M. S.; Monticelli, J. J. Geologia de Engenharia e Ambiental. Introdução, Cap. 1, V. 2, p.9-19. Coletânea em três volumes, 916 p. São Paulo: ABGE.

ANEXOS: Mensagem do Presidente da ABGE, Lei Municipal e Justificativas



ABGE/11/23

São Paulo, 21 de Novembro de 2023.

Ref.: Adesão de Paraty a ABGE

Caro(a) Associado(a),

É com satisfação que compartilhamos uma conquista significativa para a ABGE. Em dezembro de 2013, a ABGE aprovou a criação de uma nova categoria de associado, a de Patrocinador Coletivo, destinada às prefeituras. Somente em 2023, alcançamos um marco especial com a adesão da primeira prefeitura como patrocinadora, graças à persistência e dedicação do nosso sócio e ex-presidente da ABGE, João Jeronimo Monticelli.

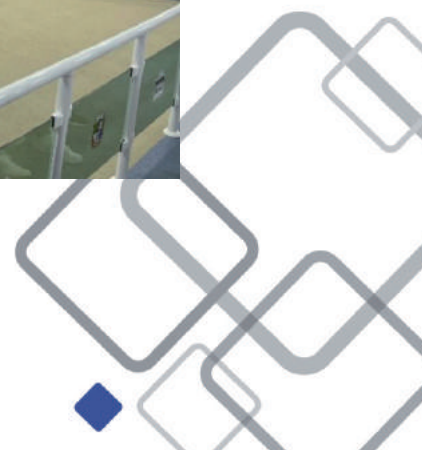
É com grande entusiasmo e profundo agradecimento que a Associação Brasileira de Geologia de Engenharia e Ambiental - ABGE anuncia a adesão da Prefeitura de Paraty como associado da ABGE.

Recentemente, a Câmara Municipal de Paraty deliberou sobre a adesão do município à ABGE, um passo fundamental para fortalecer os laços entre a comunidade local e a expertise técnica fornecida pela associação. Na foto abaixo, registrada durante a sessão, destaque-se todos os vereadores atentos às justificativas apresentadas pelo colega e associado João Jeronimo Monticelli sobre a importância do Projeto de Lei enviado pelo Prefeito Vidal à Câmara.



Av. Prof. Almeida Prado, 532 | Prédio 36 - 2º Andar | Cidade Universitária | São Paulo-SP
Fones: (11) 3767-4361 | (11) 3719-0661

E-mail: abge@abge.org.br | Site: www.abge.org.br





Em anexo, o associado tem a sua disposição as Justificativas e a Lei municipal que autoriza a adesão da Prefeitura de Paraty a ABGE. É importante os nossos associados considerarem essa Lei e Justificativas como um modelo de procedimento, que pode ser utilizado para sensibilizar outros municípios a fazerem o mesmo.

Atenciosamente,

A handwritten signature in black ink, appearing to read 'Fábio Soares Magalhães', is written over a horizontal line.

Fábio Soares Magalhães
Presidente da ABGE

Av. Prof. Almeida Prado, 532 | Prédio 36 - 2º Andar | Cidade Universitária | São Paulo-SP
Fones: (11) 3767-4361 | (11) 3719-0661

E-mail: abge@abge.org.br | Site: www.abge.org.br





DIÁRIO OFICIAL

Paraty | Estado do Rio de Janeiro | 17 de outubro de 2023 | Edição Nº 1413 | Ano 07

ATOS DO PODER EXECUTIVO E DEMAIS ENTES DA ADMINISTRAÇÃO MUNICIPAL DIRETA E INDIRETA, AUTARQUIAS E FUNDAÇÕES

DIÁRIO OFICIAL DO MUNICÍPIO

Expediente:

Órgão Oficial do Município de Paraty/RJ, criado pela Lei Municipal nº 2107 de 11 de agosto de 2017.

Edição, impressão e disponibilização: Secretaria Executiva de Governo.

Edições do Diário Oficial do Município podem ser acessadas no portal da Prefeitura de Paraty:

www.paraty.rj.gov.br

LEI Nº. 2.445/2023

"Autoriza o Poder Executivo Municipal a Integrar a ABGE – Associação Brasileira de Geologia de Engenharia e Ambiental, e dá outras providências".

O **PREFEITO DO MUNICÍPIO DE PARATY**, Estado do Rio de Janeiro, no uso de suas atribuições legais faz saber que a Câmara Municipal **APROVOU** e eu **SANCIONO** a seguinte Lei:

Art. 1º - Fica o Poder Executivo autorizada a participar da Associação Brasileira de Geologia de Engenharia e Ambiental – ABGE, sociedade civil sem fins lucrativos, de natureza técnica e científica para, dentre outros objetivos, promover a capacitação técnica e profissional continuada dos quadros municipais, e assim possibilitar a prestação de melhores serviços públicos à população, respeitando os termos do estatuto da entidade, que passa a fazer parte desta Lei.

Art. 2º - Fica o Poder Executivo autorizado a abrir crédito especial no valor de R\$ 1.500,00 para atender as despesas decorrentes da execução da presente Lei, correspondente ao repasse da anuidade como associado Patrocinador Coletivo, categoria Rubi, município entre 50.000 e 500.000 habitantes.

§ 1º - O valor da anuidade acima é vigente para o exercício de 2023, sendo que para os próximos anos o valor será fixado em conformidade ao Artigo 13º, Parágrafo 4º, do Estatuto.

§ 2º - Os recursos para a cobertura do crédito especial a ser aberto são os provenientes da dotação número 730especificação 3.3.90.39.00 (Outros Serviços de Terceiros – Pessoa Jurídica).

§ 3º - O Executivo Municipal pode exercer o direito de afastar-se a qualquer tempo da entidade, bastando o envio de comunicado formal à ABGE (Artigo 17º, Parágrafo 6º do Estatuto).

Art. 3º - O Executivo Municipal indicará, no prazo de 30 dias da aprovação da presente Lei, os endereços de correspondência postal e eletrônica de três representantes municipais perante a ABGE, sendo um deles o titular, outro o seu adjunto, necessariamente escolhido entre profissionais técnicos de carreira, e o terceiro um representante da Câmara de Vereadores, indicado pelo legislativo municipal.

Art. 4º - Esta Lei entrará em vigor na data de sua publicação, revogando-se as disposições em contrário.

Prefeitura de Paraty, em 16 de outubro de 2023

LUCIANO DE OLIVEIRA VIDAL
PREFEITO DE PARATY

LEI COMPLEMENTAR Nº. 121/2023

"Dispõe sobre o piso salarial dos Agentes Comunitários de Saúde – ACS, e dos Agentes de Combate às Endemias – ACE, e dá outras providências".

O **PREFEITO DO MUNICÍPIO DE PARATY**, Estado do Rio de Janeiro, no uso de suas atribuições legais faz saber que a Câmara Municipal **APROVOU** e eu **SANCIONO** a seguinte Lei:

Art. 1º. Fixa o piso salarial dos Agentes Comunitários de Saúde e dos Agentes de Combate às Endemias no valor de R\$ 2.640,00 (Dois mil seiscentos e quarenta reais) mensais, dois salários mínimos, conforme previsão da Emenda Constitucional nº 120/2022, publicada em 06 de maio de 2022.

Art. 2º. Conceder aos Agentes Comunitários de Saúde e aos Agentes de Combate às Endemias, quando no exercício de trabalho habitual e permanente em condições inerentes às funções desempenhadas no efetivo exercício do cargo, o adicional de insalubridade.

Parágrafo único. O grau do adicional de insalubridade será definido de acordo com a legislação específica que rege a matéria.

PREFEITURA MUNICIPAL DE PARATY

RUA JOSÉ BALBINO, 142 – PONTAL – PARATY/RJ | CEP: 23970-000
TEL: 24 3371-9900



Organização das Nações Unidas para a Educação, a Ciência e a Cultura



Paraty e Ilha Grande: Cultura e Biodiversidade Inscrito na Lista do Patrimônio Mundial em 2019



Organização das Nações Unidas para a Educação, a Ciência e a Cultura



Designada Cidade Criativa da UNESCO em 2017

PARATY
CIDADE CRIATIVA
DA GASTRONOMIA

Mensagem à Câmara nº. 030/2023

Paraty, 22 de agosto de 2023

À sua Excelência o Senhor
Paulo Sérgio Conceição dos Santos
Presidente da Câmara Municipal de Paraty

Assunto: Projeto de Lei que “Autoriza o Poder Executivo Municipal a integrar a ABGE – Associação Brasileira de Geologia de Engenharia e Ambiental, e dá outras providências”.

Senhor Presidente;

Pela presente mensagem encaminho à esta Egrégia Casa Legislativa o Projeto de Lei que Autoriza o Poder Executivo Municipal a integrar a ABGE – Associação Brasileira de Geologia de Engenharia e Ambiental, e dá outras providências”.

Trata-se de conceituada rede de disseminação de conhecimentos e informações técnico-científicas, com mais de 50 anos de atuação. É formada por um quadro associativo constituído por sócios, Titulares e Afiliados (nível universitário, tecnólogos, técnicos de nível médio e estudantes) e sócios Patrocinadores (pessoas jurídicas, como empresas, Prefeituras e Associações). Os sócios elegem um Conselho Deliberativo, que elege uma diretoria, ambos com mandato de dois anos. O Estatuto permite que apenas os sócios Titulares sejam eleitos dirigentes da entidade. A ABGE tem abrangência nacional, com sede em São Paulo e cinco núcleos regionais: 1) Rio de Janeiro/Espírito Santo; 2) Minas Gerais; 3) Núcleo Sul (PR, SC, RS); 4) Núcleo Norte (AM, PA, AC, RO) e 5) Núcleo Centro Oeste (DF, MT, GO, TO).

A execução de trabalhos é feita, fundamentalmente, através dos integrantes da Diretoria e de associados (Coordenadores de Trabalhos específicos) -- **todos exercendo as suas funções como voluntários** -- contando com apoio de uma Secretaria Executiva composta por três profissionais contratados, um deles o Gerente Executivo da ABGE.

Em dezembro de 2013, a ABGE aprovou a criação de uma nova categoria de associado, a de Patrocinador Coletivo, destinada às prefeituras.

As prefeituras foram classificadas em três patamares, conforme abaixo. Tais categorias, além de separar valores de anuidade, também corresponde a número de publicações gratuitas a receber, forma e tamanho da divulgação da logomarca e outros benefícios. (Valores para 2023).

Município até 50 mil habitantes – Categoria Cristal – **Anuidade** de R\$ 1.000,00
Entre 50 mil e 500 mil habitantes – Categoria Rubi – **Anuidade** de R\$ 1.500,00
Acima de 500 mil habitantes – Categoria Esmeralda – **Anuidade** de R\$ 2.000,00



(24) 3371-9915
(24) 3371-9909



www.pmparaty.rj.gov.br
secretariaexecutiva@prefeituradeparaty.com.br



Rua José Balbino da Silva nº 142,
Bairro Pontal - Paraty - RJ - 23970-000

Processo PÁGINA31 Assinado por 1 pessoa: LUCIANO DE OLIVEIRA VIDAL
Documento assinado digitalmente/electronicamente. Confira as assinaturas no link: <https://paraty.flowdocs.com.br/public/assinaturas/F5119BDD7A904B37AF7377D03CA4332E>





Organização das Nações Unidas para a Educação, a Ciência e a Cultura



Paraty e Ilha Grande: Cultura e Biodiversidade Inscrito na Lista do Patrimônio Mundial em 2019



Organização das Nações Unidas para a Educação, a Ciência e a Cultura



Designada Cidade Criativa da UNESCO em 2017

PARATY
CIDADE CRIATIVA DA GASTRONOMIA

Algumas Prefeituras de grande e de médio porte possuem profissionais associados a ABGE, por iniciativa do profissional, que tem a percepção que essa participação lhe permite oportunidades de crescimento profissional, dentre outros benefícios. Vários deles se tornaram dirigentes da ABGE ou coordenadores de trabalhos em diversas gestões.

2. Atuação da ABGE e áreas temáticas de interesse do Município

A ABGE nasceu e adquiriu importância a partir do final da década de 1960, quando o país teve um grande avanço em obras de infraestrutura, como estradas, túneis, canais, barragens, portos e ferrovias. A geologia de engenharia, a mecânica de solos e a mecânica de rochas, que constituem juntas a área denominada Geotecnia, viria a ter grande impulso no Brasil nessa época, e com ela a ABGE e outras entidades técnicas próximas, como ABMS (Associação Brasileira de Mecânica de Solos e Engenharia Geotécnica) e CBDB (Comitê Brasileiro de Barragens).

Ao final da década de 70, a ABGE passou a incorporar em sua atuação a gestão ambiental, principalmente estudos, prevenção e controle de processos erosivos e a elaboração e uso de cartas geotécnicas e de riscos de deslizamentos, cartas estas demandadas, na época, para municípios como Santos (SP) e Rio de Janeiro (RJ). Ao mesmo tempo iniciaram-se as exigências de estudos multidisciplinares para o licenciamento e a gestão ambiental de empreendimentos e de obras das mais diversas categorias, que se consolidaria como grande área de atuação da ABGE nos anos seguintes.

Já na década de 1980, a atuação da ABGE em gestão ambiental passou a abranger identificação de locais adequados para tratamento e destinação final de resíduos sólidos (aterros sanitários, principalmente), gestão de recursos hídricos superficiais e subterrâneos e planejamento do uso e ocupação do solo. A partir dos anos 1990 intensificam os trabalhos em cartografia geotécnica e geoambiental de apoio a Planos Diretores Municipais e de gestão do território, e os relacionados ao tratamento e remediação de áreas degradadas e contaminadas, envolvendo estudos e levantamentos em dezenas de municípios brasileiros, trabalhos esses registrados em atas de simpósios ou em publicações específicas da entidade.

Em 2012, após os graves acidentes ocorridos em Santa Catarina e na Serra Fluminense, com dezenas de mortos causados por escorregamentos de encostas e inundações, foi promulgada a Lei Federal 12.609, que "Institui a Política Nacional de Proteção e Defesa Civil – PNPDEC, dispõe sobre o Sistema Nacional de Proteção Civil – CONPDEC, autoriza a criação do sistema de informação e monitoramento de desastres". Com esta Lei consolida-se uma política nacional de longo prazo em prevenção e mitigação de riscos naturais, principalmente os decorrentes de deslizamentos de encostas e inundações. Esta Lei orienta ações conjuntas de entes federais, cria e integra as políticas e os sistemas de Defesa Civil de níveis federal, estaduais e municipais e propõe apoio federal para a elaboração de cartas geotécnicas como instrumentos orientadores aos administradores municipais na ocupação e uso do solo e proposição e gestão dos Planos Diretores Municipais.

O Governo Federal promoveu, através da CPRM-Serviço Geológico do Brasil, levantamentos de áreas de risco (deslizamentos e inundações, principalmente) em 286 municípios considerados prioritários, iniciativa também conduzida ao âmbito de governos estaduais, como os realizados pelo DRM- Departamento de Recursos



(24) 3371-9915
(24) 3371-9909



www.pmparaty.rj.gov.br
secretariaexecutiva@prefeituradeparaty.com.br



Rua José Balbino da Silva nº 142,
Bairro Pontal - Paraty - RJ - 23970-000





Organização das Nações Unidas para a Educação, a Ciência e a Cultura



Paraty e Ilha Grande: Cultura e Biodiversidade Inscrito na Lista do Patrimônio Mundial em 2019



Organização das Nações Unidas para a Educação, a Ciência e a Cultura



PARATY CIDADE CRIATIVA DA GASTRONOMIA

Designada Cidade Criativa da UNESCO em 2017

Minerais do RJ em vários municípios desse estado, inclusive Paraty. Bases cartográficas temáticas, geotécnicas e geoambientais, de apoio aos Planos Diretores e ao uso e ocupação do solo estão sendo disponibilizados aos municípios brasileiros, constituindo importante fonte de informações para a adequação do crescimento das cidades e melhoria das condições de vida dos cidadãos que as habitam.

3. Benefícios aos Municípios

A associação da Prefeitura à ABGE significa que o Executivo Municipal está propiciando aos seus funcionários das áreas de **Planejamento**, de **Obras**, de **Meio Ambiente**, de **Gestão do Plano Diretor** e de **Defesa Civil**, dentre outras, acesso à capacitação técnica de alto nível, de forma continuada. A participação de representante do legislativo junto à ABGE contribui, ainda mais, na eficácia administrativa, pois permite melhor ambiente de diálogo entre Executivo e Legislativo e destes com a sociedade.

A ABGE fornece aos seus associados:

1. Ambiente técnico profissional de nível nacional e internacional (network), com possibilidade de participação como associado da *IAEG – International Association for Engineering Geology and the Environment*, entidade que congrega mais de 5.000 associados em todo o mundo;
2. um site contendo informações atualizadas sobre eventos no Brasil e no mundo e acesso a um banco de dados técnicos, com áreas abertas e outras restritas apenas a associados;
3. participação em eventos, presenciais e à distância (webinar), como congressos, seminários, oficinas, palestras técnicas, lançamentos de livros;
4. cursos de capacitação e treinamento, presenciais e à distância;
5. publicações técnicas impressas e digitais, gratuitas, distribuídas aos associados quites com a anuidade (em número compatível com a categoria de associado); somente entre 2019 e 2022 foram editadas e distribuídas doze publicações impressas e outras quatro estão no prelo;
6. acesso livre à Revista Brasileira de Geologia de Engenharia e Ambiental (duas edições digitais anuais) e aos Informativos mensais (*Infomails*);
7. divulgação da logomarca do associado (empresa, associação ou prefeitura) em veículos de comunicação da ABGE, como publicações, livros, site etc;
8. além de receber os benefícios citados, os representantes municipais poderão sugerir agenda e ajudar na organização de eventos, cursos e publicações de interesse e, ainda, serem agentes ativos na disseminação



(24) 3371-9915
(24) 3371-9909



www.pmparaty.rj.gov.br
secretariaexecutiva@prefeituradeparaty.com.br



Rua José Balbino da Silva nº 142,
Bairro Pontal - Paraty - RJ - 23970-000





Paraty e Ilha Grande:
Cultura e Biodiversidade
Inscrito na Lista do
Patrimônio Mundial em 2019



Organização
das Nações Unidas
para a Educação,
a Ciência e a Cultura



PARATY
CIDADE CRIATIVA
DA GASTRONOMIA

Designada
Cidade Criativa
da UNESCO
em 2017

de conhecimentos e tecnologias desenvolvidas em seus municípios, o que será um grande estímulo à carreira e à profissão.

Tudo isto irá significar, sem dúvida, melhoria na qualidade dos trabalhos de responsabilidade do Município. Até trinta dias após a aprovação da presente Lei, três profissionais serão indicados para serem os representantes do Município junto a ABGE, sendo um deles o titular de secretaria (ou unidade administrativa), o outro um funcionário de carreira e o terceiro representante do legislativo. Isso não significa limitação de participação, apenas determina os contatos formais entre as partes e endereços de correspondência, postais e eletrônicos (e-mails).

Face ao exposto solicito aos Nobres Edis, a apreciação e votação do projeto enunciado de forma **URGENTE, URGENTÍSSIMA** por tratar-se de matéria de relevância e grande interesse público.

Cordialmente;

LUCIANO DE OLIVEIRA VIDAL
PREFEITO DE PARATY



(24) 3371-9915
(24) 3371-9909



www.pmparaty.rj.gov.br
secretariaexecutiva@prefeituradeparaty.com.br



Rua José Balbino da Silva nº 142,
Bairro Pontal - Paraty - RJ - 23970-000





MUNICIPIO DE PARATY

RUA JANGO PADUA, TERMINAL RODOVIARIO AGILIO RAMOS, 2Â° ANDAR

PARATY/RJ - CEP 23.970-000

CNPJ: 29.172.475/0001-47 | FONE: (24) 3371-6527



CÓDIGO DE ACESSO

F5119BDD7A904B37AF7377D03CA4332E

VERIFICAÇÃO DAS ASSINATURAS

Este documento foi assinado digitalmente/eletronicamente pelos seguintes signatários nas datas indicadas

Para verificar a validade das assinaturas acesse o link abaixo

<https://paraty.flowdocs.com.br/public/assinaturas/F5119BDD7A904B37AF7377D03CA4332E>



18°C BGE

Congresso Brasileiro de Geologia de Engenharia e Ambiental

**Eventos
Extremos**
e sua repercussão na
Geologia de Engenharia
e Ambiental

**27 a 30
Abril · 2025**

Minascentro
Belo Horizonte - MG

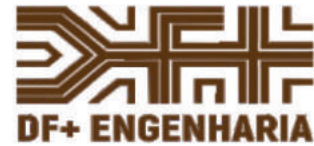
18cbge.com.br

REALIZAÇÃO



ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE GEOLOGIA
DE ENGENHARIA E AMBIENTAL

SÓCIOS PATROCINADORES DA ABGE



SEJA SÓCIO DA ABGE ASSOCIADOS INDIVIDUAIS



TÍTULAR



ESTUDANTE



AFILIADO

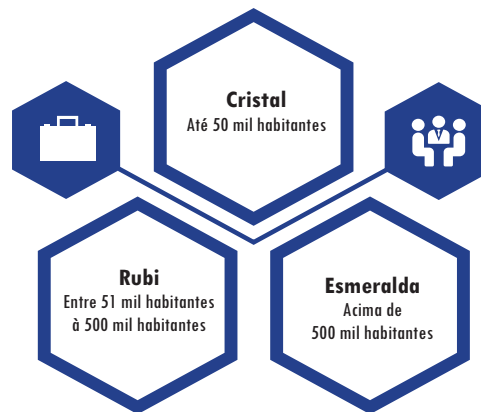


SÊNIOR E MASTER

SÓCIOS PATROCINADORES EMPRESAS E ENTIDADES



SÓCIOS PATROCINADORES COLETIVOS PREFEITURAS



Vantagens do Sócio ABGE

- Recebe grátis todas as publicações editadas pela entidade durante o período de filiação;
- Recebe informações técnicas e acadêmicas/participa de network;
- Desconto em cursos e eventos promovidos pela ABGE e entidades parceiras.

A melhor relação entre custo e benefício de entidades tecnocientíficas.

Previsão de distribuição de seis publicações no ano.

Consulte os valores de nossa anuidade.

www.abge.org.br/associe-se



**ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE
GEOLOGIA DE ENGENHARIA
E AMBIENTAL**