



ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE GEOLOGIA
DE ENGENHARIA E AMBIENTAL

RBGEA

REVISTA BRASILEIRA DE
GEOLOGIA DE ENGENHARIA
E AMBIENTAL

Volume 12 (01)
2022
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	João Francisco Alves Silveira – Consultor
Alberto Pio Fiori – UFPR	Jorge Kazuo Yamamoto – USP
Aline Freitas da Silva – DRM-RJ	José Alcino Rodrigues de Carvalho – Univ. Nova de Lisboa (Port.)
Andrea Valli Nummer – UFSM	José Augusto de Lollo – UNESP
Angelo José Consoni – TSAP	José Domingos Gallas – USP
Antonio Cendrero – Univ. da Cantabria (Espanha)	José Eduardo Zaine – UNESP
Antonio Manoel Santos Oliveira – UNG	José Luiz Albuquerque Filho – IPT
Candido Bordeaux Rego Neto – IPUF	Leandro Eugênio da Silva Cerri – Consultor
Carlos Geraldo Luz de Freitas – IPT	Luis de Almeida Prado Bacellar – UFOP
Clovis Gonzatti – CIENTEC	Luiz Fernando D’Agostino – SENAI
Denise de la Corte Bacci – USP	Luiz Nishiyama – UFU
Diana Sarita Hamburger – UFABC	Malva Andrea Mancuso – UFSM
Dirceu Pagotto Stein – Geoexec	Marcelo Denser Monteiro – Metrô – SP / UAM
Edilson Pissato – USP	Marcilene Dantas Ferreira – UFSCar
Eduardo Brandau Quitete – IPT	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
Flávio Almeida da Silva – Engecorps	Reinaldo Lorandi – UFSCar
Frederico Garcia Sobreira – UFOP	Renato Luiz Prado – USP
Ginaldo Campanha – USP	Ricardo Vedovello – IG/SIMA
Helena Polivanov – UFRJ	Yociteru Hasui – Consultor
Jair Santoro – IG/SIMA	

APOIO EDITORIAL

Denise Amaral e Didiana Dórea

PROJETO GRÁFICO E DIAGRAMAÇÃO

Rita Motta – Editora Tribo da Ilha

Volume 12 (01)

2022

ISSN 2237-4590



ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE GEOLOGIA
DE ENGENHARIA E AMBIENTAL

DIRETORIA ABGE GESTÃO 2021/2022

Presidente: Delfino Luiz Gouveia Gambetti
Vice Presidente: Fernando Facciolla Kertzman
Diretora Secretária: Marcela Penha Pereira Guimaraes
Diretora Financeira: Silvia Maria Kitahara
Diretora de Comunicação: Maria Heloisa B. Oliveira Frascá
Diretor de Eventos: Otávio C. Brasil Gandolfo

Conselho Deliberativo da ABGE: Ana Elisa Abreu, Delfino Luiz Gouveia Gambetti, Fabio Augusto Gomes Vieira Reis, Fernando Facciolla Kertzman, Iramir Barba Pacheco, Ivan José Delatim, João Antônio Curtis, João Paulo Monticeli, José Luiz Albuquerque Filho, José Tarcísio de Melo Pinheiro, Marcela Penha Pereira Guimarães, Maria Heloisa B. Oliveira Frascá, Otávio C. Brasil Gandolfo, Renata Augusta Rocha N. de Oliveira, Ricardo Antônio Abrahão, Ricardo Vedovello e Silvia Maria Kitahara.

NÚCLEO RIO DE JANEIRO

Presidente: Marcela Tuler Castelo Branco
Conselho Deliberativo: Thiago Dutra dos Santos, Aline Pimentel da Silva, Altair Carrasco de Souza, Ana Caroline Duarte Dutra, Analice Ramos Pereira Gomes, Cristiane Tinoco dos Santos, Giovanna Tristão da Cunha, Nelson Meirim Coutinho e Raquel Batista Medeiros da Fonseca.

NÚCLEO MINAS GERAIS

Presidente: Romildo Dias Moreira Filho
Conselho Deliberativo: Frederico Nascimento Mendes Bezerra, Ellen Delgado Fernandes, Alberto Ferreira do Amaral, Ângelo Almeida Zenobio, Fabio Soares Magalhães, Inácio Diniz Carvalho, Luís de Almeida P. Bacellar, Maria Giovana Parizzi, Thiago Baptista Teixeira e Yan Lucas de Oliveira Pereira dos Santos.

NÚCLEO SUL

Presidente: Erik Wunder
Conselho Deliberativo: Débora Lamberty, Adriana Ahrendt Talamini, Mariano Badalotti Smaniotto, Malva A. Mancuso, Andréa V. Nummer, Cezar Augusto Burkert Bastos, Adelir José Strieder e Karina Retzlaff Camargo.

NÚCLEO CENTRO OESTE

Presidente: Gabriel do Nascimento Ribeiro
Conselho Deliberativo: Bruna Maria Cruz Fernandes, Caiubi Emanuel Souza Kuhn, Patrícia de Araújo Romão, Rodrigo Luiz Gallo Fernandes, Diogo Eduardo de Oliveira Martins, Raphael Teixeira de Paiva Citon e Kurt João Albrecht.

NÚCLEO NORTE

Presidente: Dianne Danielle Farias Fonseca
Conselho Deliberativo: Milena Marília Nogueira de Andrade, Sheila Gatinho Teixeira, Claudio Fabian Szlafsztain, Elton Rodrigo de Andretta, Iris Celeste Nascimento Bandeira e José Sidney Barros.

SECRETARIA ABGE

Gerente Executiva: Luciana Marques
Analista Administrativa: Didiana Dórea
Estagiária Administrativa: Denise Amaral

ABGE Central

Av. Prof. Almeida Prado, 532 | Prédio 36 | Cidade Universitária | São Paulo – SP
Fones: (11) 3767-4361 | (11) 3719-0661
E-mail: abge@abge.org.br | Site: abge.org.br

SUMÁRIO

6 APRESENTAÇÃO

ARTIGOS CIENTÍFICOS

9 MAPEAMENTO DAS ÁREAS PASSÍVEIS DE PARCELAMENTO DO DISTRITO FEDERAL

Bruno Rodrigues de Oliveira

Newton Moreira de Souza

Rafael Cerqueira Silva

Eleudo Esteves de Araújo Silva Júnior

21 BANCOS DE DADOS DE IMAGENS PARA GERENCIAMENTO DE RISCOS DE DESASTRES RELACIONADOS A FENÔMENOS NATURAIS: UMA PROPOSTA BASEADA EM PROCEDIMENTOS SISTEMÁTICOS DE DESCRIÇÃO, INDEXAÇÃO E CLASSIFICAÇÃO DE DOCUMENTOS FOTOGRÁFICOS

Linley Viana Maciel

Francisneide Soares Ribeiro

Ricardo Vedovello

42 MONITORAMENTO E AVALIAÇÃO HIDROGEOLÓGICA E DA SUSCEPTIBILIDADE DE DESENVOLVIMENTO DE PROCESSOS INSTABILIZATÓRIOS EM DECORRÊNCIA DA FORMAÇÃO DE RESERVATÓRIOS DE USINAS HIDRELÉTRICAS

Marcio da Rosa Magalhães Bessa

José Eloi Guimarães Campos

55 CONGLOMERADO FERRUGINOSO LATERÍTICO (LATERITA) DA ILHA DE SÃO LUÍS DO MARANHÃO: UMA DISCUSSÃO DO POTENCIAL PARA USO EM CONCRETO DE CIMENTO PORTLAND

José Edward de Oliveira

Otto Corrêa Rotunno Filho

SEÇÃO ESPECIAL – RISCOS GEOLÓGICOS NO BRASIL

- 73** GESTÃO DE RISCOS E DESASTRES: UM CAMPO DE CONHECIMENTO EM CONTÍNUA EVOLUÇÃO E A GEOLOGIA DE ENGENHARIA E AMBIENTAL
Fernando Rocha Nogueira
Rodolfo Baesso Moura
- 80** SISTEMAS DE ALERTAS DE RISCO DE DESASTRES: PANORAMA ATUAL E DESAFIOS PARA SUA CONSOLIDAÇÃO NO CONTEXTO BRASILEIRO
Silvia Midori Saito
Marcio Roberto Magalhães de Andrade
Carla Corrêa Prieto
Graziela Balda Scofield
- 86** NOVAS TECNOLOGIAS APLICADAS À GESTÃO DE RISCOS
Alessandra Cristina Corsi
- 94** O QUE TEMOS A REFLETIR E A APRENDER COM A TRAGÉDIA DE PETRÓPOLIS?
Aline Freitas da Silva
- 99** DESASTRE RELACIONADO ÀS CHUVAS INTENSAS NA BAIXADA SANTISTA EM MARÇO DE 2020: A EXPERIÊNCIA DAS DEFESAS CIVIS DE GUARUJÁ E SANTOS
Victor Arroyo da Silva do Valle
Jozzefer Vincov de Abreu
Carlos Adolfo Silva Fernandez
- 110** MORTES POR DESLIZAMENTOS NO BRASIL: 1988 A 2022
Eduardo Soares de Macedo
Lucas Henrique Sandre

CONTRIBUIÇÕES E REFLEXÕES

- 119** REFLEXÕES SOBRE O LIVRO “INVESTIGAÇÕES GEOLÓGICO-GEOTÉCNICAS – GUIA DE BOAS PRÁTICAS”, PUBLICADO PELA ABGE, EM 2021
João Jeronimo Monticelli
- 124** ESTÁDIO DO PACAEMBU, EXEMPLO VIRTUOSO DA INTEGRAÇÃO ENTRE ARQUITETURA E GEOLOGIA
Álvaro Rodrigues dos Santos
- 137** GEO JÚNIOR CONSULTORIA E SUA CONTRIBUIÇÃO PARA UMA GEOCIÊNCIA MAIS EMPREENDEDORA
José Gabriel Araújo Alves
Letícia Schneid Lopes
Wilson de Lima Gomes Junior



APRESENTAÇÃO

Estamos apresentando a primeira edição de 2022 da RBGEA – Revista Brasileira de Geologia de Engenharia e Ambiental, a revista da ABGE. Esta edição é lançada a público às vésperas do 17º CBGE, onde alguns dos temas de mesas redondas, palestras e apresentação de artigos estarão também tratados neste número da RBGEA.

Nesta edição reunimos quatro artigos técnico-científicos que desenvolvem temas do mapeamento de áreas suscetíveis, bancos de imagens para gerenciamento de riscos de desastres, o monitoramento e avaliação hidrogeológica relacionados às usinas hidrelétricas e o uso de laterita para concreto de cimento Portland.

Oliveira e outros autores nos apresentam proposta de análise de viabilidade à ocupação no Distrito Federal (Brasília) utilizando critérios definidos em instrumentos legais vigentes complementados por um mapa de adequabilidade elaborado a partir da compartimentação fisiográfica baseado nas temáticas da geologia, geomorfologia e pedologia, incluindo ferramentas para automação do processo de análise. Em sequência, Maciel e colegas apresentam artigo com uma proposta de banco de dados de imagens para uso em gerenciamento de riscos de desastres a partir da descrição, indexação e classificação desses documentos fotográficos. Por sua vez, Bessa e Campos discutem o monitoramento e avaliação hidrogeológica e a suscetibilidade para processos de instabilização de terrenos a partir da formação de reservatórios de usinas hidrelétricas. Finalmente, Oliveira e Rotunno Filho apresentam artigo onde discutem o uso de um tipo de laterita da Ilha de São Luis,

no Maranhão, para uso em concreto de cimento Portland.

Nesta edição, a RBGEA oferece também seis artigos sobre Riscos Geológicos no Brasil encomendados para profissionais bastante conhecidos nesse tema a partir dos graves desastres que ocorreram no final de 2021 e no primeiro semestre de 2022. Desta forma, Fernando Nogueira e Rodolfo Moura nos brindam com uma discussão sobre o tema da gestão de riscos e desastres como um campo em contínua evolução e sua relação com a geologia de engenharia e ambiental. Já Silvia Saito e outros colegas do Cemaden apresentam um breve panorama e os desafios para a consolidação dos sistemas de alerta de riscos de desastres no Brasil. Essa preocupação com o futuro alavancou o artigo de Alessandra Corsi onde são apresentadas algumas das novas tecnologias que já são ou ainda podem ser aplicadas à gestão de riscos. Aline Freitas já nos leva a refletir sobre o que podemos aprender a partir de graves desastres como o que ocorreu em Petrópolis com mais de 230 vítimas fatais. Outra discussão, agora sobre o desastre nas cidades de Guarujá e Santos em março de 2020, é apresentada pelos geólogos das defesas civis municipais dessas cidades Victor Valle, Jozzefer Abreu e Carlos Fernandez. Finalmente, Eduardo Macedo e Lucas Sandre trazem a público a atualização de dados sobre as vítimas fatais por movimentos de massa no Brasil entre 1988 e 2022, a partir do Banco de Dados de Mortes do IPT.

Na seção Contribuições e Reflexões, publicamos importantes colaborações de profissionais e colegas. João Jeronimo Monticelli traz reflexões

sobre o livro publicado pela ABGE em 2021 intitulado “Investigações Geológico-Geotécnicas – Guia de Boas Práticas”. Já o geólogo Alvaro Rodrigues dos Santos escreve sobre a interessante experiência de adaptação de uma obra às condições naturais do terreno a partir do exemplo do estádio do Pacaembu, em São Paulo. Por fim, José Gabriel Araújo Alves e colegas nos apresentam a empresa Geo Junior Consultoria montada em 1992 no Insti-

tuto de Geociências da USP que busca aproximar os estudantes do mercado de trabalho.

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

MAPEAMENTO DAS ÁREAS PASSÍVEIS DE PARCELAMENTO DO DISTRITO FEDERAL

MAPPING OF THE FEDERAL DISTRICT'S PARCELING AREAS

BRUNO RODRIGUES DE OLIVEIRA

Programa de Pós-graduação em Geotecnia - Universidade de Brasília, Faculdade de Tecnologia, Brasil.brunorodriguesoli@gmail.com - ORCID: 0000-0001-6757-0559

NEWTON MOREIRA DE SOUZA

Universidade de Brasília, Faculdade de Tecnologia, Brasil.nmsouza@unb.br

RAFAEL CERQUEIRA SILVA

Universidade de Brasília, Faculdade de Tecnologia, Brasil.rafael.silva@unb.br ORCID: 0000-0002-1673-5592

ELEUDO ESTEVES DE ARAÚJO SILVA JÚNIOR

Universidade de Brasília, Faculdade de Tecnologia, Brasil.eleudo@unb.br. ORCID: 0000-0003-2357-9396

RESUMO ABSTRACT

Aproximadamente 45% do território do Distrito Federal está submetido a algum tipo de restrição de parcelamento urbano relacionada a uma legislação federal ou distrital tornando imprescindível a correta avaliação da viabilidade de implantação de novos parcelamentos e da regularização de ocupações existentes, principalmente nas proximidades de áreas ambientalmente protegidas. O presente artigo apresenta uma proposta de análise de viabilidade à ocupação utilizando critérios definidos em instrumentos legais vigentes, complementado por um mapa de adequabilidade elaborado a partir da compartimentação fisiográfica baseado nas temáticas geologia, geomorfologia e pedologia. Por fim, é elaborado um modelo conceitual dos dados de entrada e dos produtos visando garantir a interoperabilidade com os dados da Infraestrutura de Dados Espaciais do Distrito Federal (IDE/DF) e contribuir para automação do processo de análise de viabilidade visto a dinâmica das mudanças que ocorrem no ambiente urbano. Com base no mapa de viabilidade foi possível identificar que 15% da área urbanizada infringe algum instrumento legal vigente, aproximadamente 2% dos imóveis do DF, e que restam aproximadamente 456,16 km, cerca de 8% do território, que ainda pode ser parcelado.

Palavras-chave: Viabilidade de ocupação; Cartografia Geotécnica; Diretrizes de Uso e Ocupação do Solo; Compartimentação Fisiográfica

Approximately 45% of the territory of the Federal District is subject to some type of urban installment restriction related to Federal District legislation, making it essential to correctly assess the feasibility of implementing new installments and regularizing existing occupations, especially in the vicinity of environmentally protected areas. This article presents a proposal for feasibility analysis of occupation using criteria defined in current legal instruments that is complemented by a map of suitability elaborated using physiographic compartmentalization based on geology, geomorphology pedology. Finally, a conceptual model of input data and products is elaborated to ensure interoperability with the data of the Spatial Data Infrastructure of the Federal District (SDI/DF) and contribute to the automation of the feasibility analysis process given the dynamics of changes that occur in the urban environment. Based on the feasibility map it was possible to identify that 15% of the urbanized area infringes some current legal instrument, approximately 2% of the buildings of the Federal District, which remain approximately 456,16 km, about 8% of the territory, which can still be parceled.

Keywords: Viability of occupation; Geotechnical Mapping; Guidelines for Land Use and Occupation; Physiography Compartmentalization

1 INTRODUÇÃO

Um processo de planejamento urbano adequado consiste no parcelamento do solo fundamentado em instrumentos, como as cartas geotécnicas, que apresentem as aptidões, limitações e possíveis impactos que podem ser provocados no meio ambiente pelo processo de urbanização e que estejam pautados em um inventário de dados metodicamente organizados que permita uma visão integrada da cidade e do meio ambiente.

Diante da demanda habitacional e da intensa expansão de maneira desordenada dos núcleos urbanos e periurbanos torna-se necessário ordenar, articular e ocupar o espaço superficial e subterrâneo de modo racional tendo como base instrumentos e políticas elaboradas a partir do processo de planejamento urbano amparado na compreensão do meio ambiente e no conhecimento do território (OLIVEIRA et al., 2019).

Uma das formas de se estudar o meio ambiente é compartimentá-lo, separando-o em áreas homólogas, o que permite a síntese das informações, agrupando-as dentro dessas áreas. A metodologia de avaliação de terrenos consiste na aquisição de atributos que caracterizam as unidades de mapeamento de terrenos (UMT) que são constituídas por uma associação natural em termos de geologia, geomorfologia e solos (OLIVEIRA, 2004).

Para Zaine (2011), a técnica de avaliação de terrenos consiste na compartimentação deles em áreas com características fisiográficas homogêneas e distintas daquelas observadas em áreas adjacentes, com a determinação de classes em diferentes escalas. As feições fisiográficas são oriundas da relação entre os processos geológicos e entre os materiais constituintes sendo que o embasamento rochoso tem grande influência nos tipos de solo e no comportamento do relevo (RODRIGUES, 2012). Deste modo, a partir do conceito de similaridade dos componentes da paisagem (ZUQUETTE & GANDOLFI, 2014), é possível afirmar que terrenos similares devem apresentar propriedades semelhantes para os materiais geológicos que os constituem.

Uma série de técnicas podem ser utilizadas na avaliação de terrenos, entre elas o mapeamento geomorfológico, geológico e/ou geológico-geotécnico, a análise e interpretação de imagens

de sensoriamento remoto, elaboração de modelos numéricos de terreno (MNT) a partir de levantamentos aéreos por escaneamento a laser ou a partir de uma nuvem de pontos obtidos por Veículos Aéreos Não Tripulados (VANT), sobreposição de mapas e de levantamentos (DINIZ, 2012; GRIFITHS, 2017; ZUQUETTE & GANDOLFI, 2014).

Devido a sua importância, o sistema de avaliação de terrenos foi estabelecido como um componente essencial na elaboração de mapas geológico-geotécnicos (DEARMAN, 1991), que por sua vez são instrumentos de grande importância para subsidiar obras de engenharia, orientar a escolha de áreas para expansão urbana, e na avaliação de suscetibilidade o risco à fenômenos geodinâmicos externos, como escorregamentos, erosões e inundações, entre outras finalidades.

As avaliações de terreno podem ser aplicadas em diversas finalidades, como por exemplo, projetos de rodovias (LAWRANCE et al., 1993), adutoras de óleo e gás (CHARMAN, 2001; FOOKES et al., 2001; SWEENEY, 2017), planejamento urbano (DINIZ, 2012; DINIZ et al., 2016; OLIVEIRA et al., 2019; OLIVEIRA, 2004; SOUZA et al., 1998; SOUZA et al., 1993), planejamento ambiental (CORRÊA et al., 2018; PILACHEVSKY et al., 2015; ROSA & FERREIRA, 2022) e gestão de riscos (CORRÊA et al., 2021; CPRM et al., 2014; DEGET et al., 2021; LUMIATTI et al., 2022).

Nesse contexto, este trabalho tem como objetivo identificar as áreas passíveis de parcelamento no Distrito Federal (DF) com base em produtos derivados da compartimentação fisiográfica e nos instrumentos legais vigentes disponíveis na Infraestrutura de Dados Espaciais do Distrito Federal - IDE/DF (IDE/DF, 2021).

2 MATERIAIS E MÉTODOS

Neste tópico é apresentada a localização da área de estudo, seguido da descrição dos dados, dos programas e da metodologia utilizada. O Distrito Federal (DF) foi escolhido como objeto de estudo pois quase 50% do seu território possui algum tipo de restrição de parcelamento urbano no nível da esfera federal ou distrital, além da temática da pesquisa estar relacionada ao vigente processo de revisão do Plano Diretor de Ordena-

mento Territorial (PDOT). O DF está localizado no Planalto Central do Brasil, compreendendo uma área de 5702 km², limitando a norte pelo paralelo

de 15°30' latitude Sul, a leste pelo Rio Preto, ao sul pelo paralelo 16°03' de latitude Sul e a oeste pelo Rio Descoberto (Figura 1).

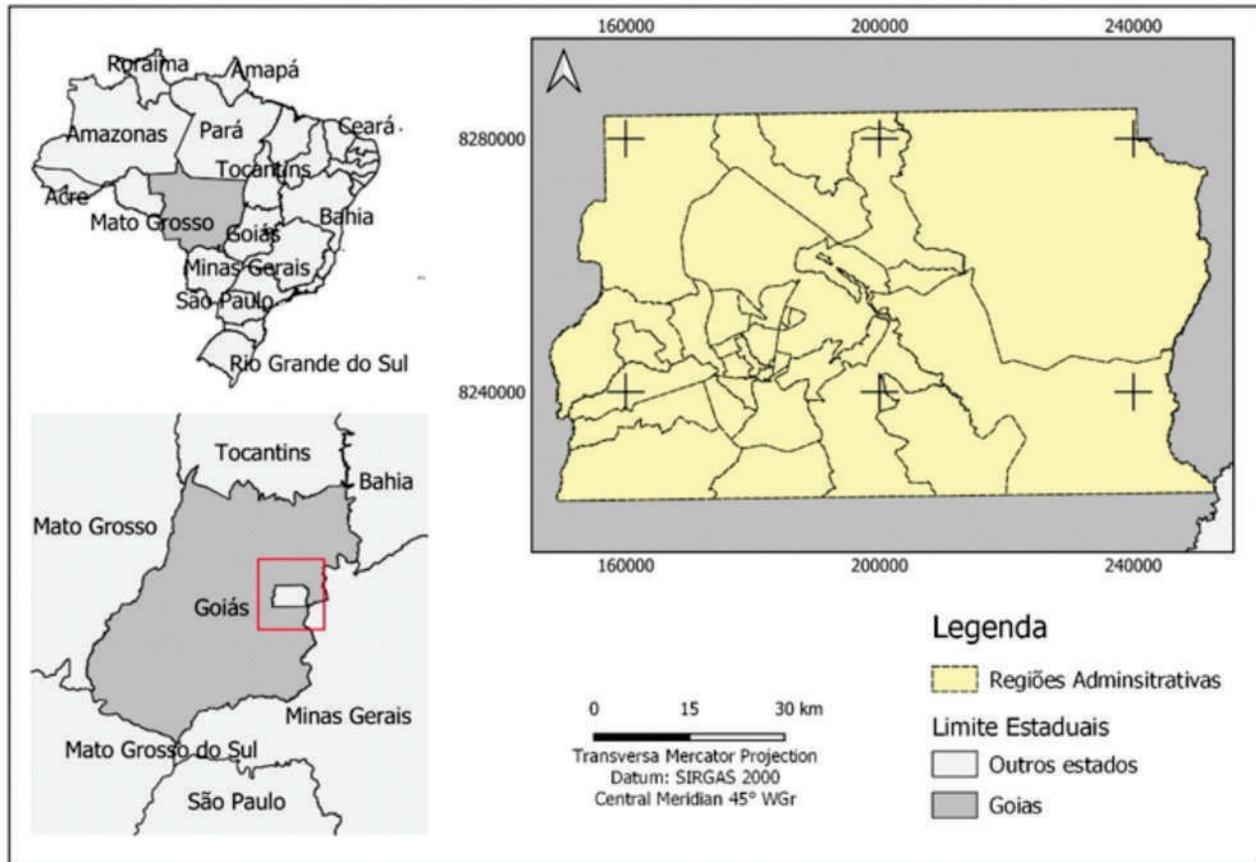


Figura 1: Mapa de localização da área de estudo.

Para a elaboração dos produtos cartográficos foi utilizado o Sistema de Informações Geográficas *Quantum GIS* (QGIS), na versão 3.16. Na IDE/DF (IDE/DF, 2021) foram obtidas as informações dos zoneamentos das Áreas de Proteção Ambiental (APA) do São Bartolomeu, Lago Paranoá, Cafuringa, Planalto Central e Gama Cabeça de Veado, as Área de Proteção de Mananciais e o Macrozoneamento do PDOT, as Área de Preservação Permanente (APP) do Zoneamento Ecológico Econômico do Distrito Federal (ZEE/DF), cadastro de imóveis, os modelos digitais de terreno (MDT), os limites dos parques ecológicos e área urbanizada do Distrito Federal.

A declividade na Macrozona Urbana foi elaborada utilizando MDT com resolução de 1 metro

elaborado com base na restituição do ano de 2016 e na Macrozona Rural utilizando MDT com resolução de 5 metros elaborado com base no aerolevantamento do ano de 2009.

2.1 Viabilidade de ocupação

O mapa de viabilidade de ocupação funciona como uma primeira aproximação na identificação de áreas passíveis ou não para a ocupação, além de permitir definir áreas prioritárias para a expansão urbana. Entretanto não exige a necessidade de um estudo específico, em maior escala, durante a elaboração dos estudos ambientais, planos de ocupação e/ou eventuais projetos urbanísticos.

Os aspectos ambientais e legislativos considerados na avaliação de viabilidade de ocupação do solo são enumeradas no Quadro 1 além de critérios adicionais que devem ser analisados durante etapas posteriores do processo de viabilidade

pelos órgãos competentes como o zoneamento de risco do ZEE, existência de serviço prestado pelas concessionárias no tocante a infraestrutura de saneamento, as áreas de risco e de condições geológicas desfavoráveis.

Quadro 1. Restrições e limitações para a ocupação definidos com base na legislação vigente e na situação fática do processo de ocupação no Distrito Federal.

Relação espacial	Temática	Critério	Viabilidade de ocupação	Classe do mapa
Intersecção	Declividade	Maior que 30%	Limitado ¹	VME
Intersecção	Área de preservação permanente, unidades de conservação, áreas úmidas e parques destinados a preservação	-	Proibido	PIL
Distância		Até 100 metros ²	Viável ⁴	SDG
Intersecção	Solo hidromórficos	-	Proibido	PIL
Distância		Até 100 metros ²	Viável ^{1,9}	SDG
Intersecção	Áreas de Risco	Alto e Muito Alto	Proibido ^{10;11}	PIL
Inserido ou Sobreposição	Condições geológicas desfavoráveis	Lentes de Calcário	Proibido ⁴	SDG
Distância		Até 100 metros ²	Viável ^{1,7;9}	SDG
Inserido ou Sobreposição	Parques urbanos e espaços comunitários	-	Proibido	PIL
Inserido ou Sobreposição	Área com outros projetos urbanísticos registrados	-	Viável ¹⁰	SDG
Inserido ou Sobreposição	Áreas de regularização	Novas construções	Proibido	SDG
Distância		Até 1000 metros ²	Viável ^{5;10}	SDG
Inserido ou Sobreposição	ZEE - Risco de Perda de Recarga	Zonas Muito Alto e Alto	Viável ^{1,7;9}	SDG
	ZEE -Risco de Perda de Cerrado		Viável ^{3;10}	SDG
	ZEE - Risco de Contaminação		Viável ^{1,7;9}	SDG
	ZEE -Risco Perda de Solo por Erosão		Viável ⁷	SDG
Intersecção ou Distância	Infraestrutura de saneamento básico	Ausência	Proibido ^{6;7}	SDG
		Presença	Viável ⁶	SDG
Distância	Distância da área urbana	Maior que 1000 metros	Viável ²	SDG
	Distância de equipamentos públicos		Viável ⁸	SDG
	Distância de vias		Viável ⁸	SDG
	Distância de um sistema de transporte público		Viável ⁸	SDG

¹ mediante especificação técnica definida pelo poder público ou solução com responsabilidade técnica apresentada por técnico especializado;

² distância definida com base na precisão do dado original;

³ necessita realizar compensação das áreas verde desmatadas ou preservá-las cabendo ao órgão competente sobre essa decisão;

⁴ a proximidade com a área pode gerar impactos negativos nas áreas destinadas a preservação ou colocar a população em risco;

⁵ os vazios urbanos que surge entre o novo parcelamento e a área de regularização pode começar a sofrer pressão para ocupação;

⁶ é necessário consultar as concessionárias da disponibilidade dos serviços prestados;

⁷ necessária a implementação da infraestrutura relacionada antes do parcelamento;

⁸ distâncias elevadas em relação aos equipamentos dificultam o acesso aos serviços prestados e as vias e sistemas de transporte dificultam a locomoção;

⁹ é necessário avaliar os impactos do uso no espaço subterrâneo antes da aprovação ou regularização;

¹⁰ necessário consultar o órgão competente sobre a temática em questão;

¹¹ dados restritos a usuários institucionais

É importante ressaltar que existem outros critérios de extrema importância na avaliação da viabilidade de parcelamento, mas devido a indisponibilidade de dados georreferenciados, não foram incluídos na análise. A APA da Gama Cabeça de Veado, por exemplo, não foi considerada na análise pois o zoneamento não consta na IDE/DF e pelo fato das atividades permitidas dentro da APA serem deliberadas pelo comitê gestor.

Devido à dinâmica de mudança no ambiente urbano, optou-se por não incluir no produto cartográfico as áreas com outros projetos urbanísticos registrados ou de regularização e as análises de distância, devendo ser objeto de análise durante as consultas individuais pelos órgãos responsáveis no momento da análise do parcelamento.

Para o mapa de viabilidade de ocupação foram definidas três classes: proibida pelos instrumentos legais vigentes (PIL); viável mediante estudo geotécnico e ambiental (VME); e sujeito a diretrizes gerais (SDG). A classe proibida pelos instrumentos legais vigentes (PIL) indica que o parcelamento urbano é proibido por um dos instrumentos supramencionados. A classe viável mediante estudo geotécnico e ambiental (VME) indica uma restrição apontada pelo inciso III do Art. 3 da lei 6766/79 e as classe sujeito a diretrizes gerais (SDG) indica que é necessário consultar as recomendações existentes nesse documento e não exclui a necessidade de atender outros instrumentos não contemplados nessa análise. A área urbanizada no mapa é constituída de ocupações de diferentes tipologias, densidades de ocupação independentemente da situação fundiária e caso esteja incluída na classe sujeito a diretrizes gerais devem obedecer às mesmas recomendações de um novo parcelamento quando cabível.

2.2 Compartimentação fisiográfica

A compartimentação fisiográfica consistiu no cruzamento entre os planos de informação das temáticas: geologia (FREITAS-SILVA & CAMPOS, 1998) na escala de 1:100.000, geomorfologia (ZEE, 2011) na escala de 1:100.000 e pedologia (ZEE, 2011) na escala de 1:50.000.

No pré-processamento, os planos de informação foram recortados pelo limite do DF e submeti-

dos a uma correção topológica para a remoção de sobreposições e lacunas. Após a sobreposição das temáticas, todos os polígonos com áreas inferiores a 0,0001 km² ou 100 metros quadrados foram analisados e dissolvidos nos polígonos como maior área no entorno nos casos de divergências de vetorização e/ou de escalas entre as temáticas.

O produto da sobreposição dos mapas temáticos retornou 925 unidades de terreno (UMT) oriundas da combinação das três temáticas, as quais não serão discutidas individualmente nesta pesquisa. Entretanto, os limites dessas unidades serão utilizados como base para a elaboração da carta de adequabilidade, que será descrita no tópico a seguir. As UMT foram complementadas com informações de profundidade do solo e do nível de água com base nas investigações compiladas por Oliveira (2021).

2.3 Adequabilidade para Ocupação

Para o mapa de adequabilidade para ocupação foi feito um recorte da compartimentação fisiográfica pela classe sujeito a diretrizes gerais (SDG) e as unidades de terreno foram reclassificadas em zonas de adequabilidade com base nos critérios apresentados no Quadro 2 sendo necessário atender a pelo menos um dos critérios listados para ser inserido na classe. Os critérios selecionados se restringiram somente aos de fácil interpretação para viabilizar a sua aplicação pelo poder público.

Para esse mapa foram definidas quatro classes: muito alto sendo áreas recomendadas para a ocupação caso não exista outra restrição vigente; alto nos casos que a ocupação é passível de ocorrer desde que não impeçam a infiltração de águas pluviais e não exerçam atividades com alto potencial poluidor; baixo para as áreas que possuem alguma característica que pode dificultar o processo de ocupação; e muito baixo onde não é recomendado a criação de novos parcelamentos ou a regularização de ocupações existentes. Não foi definida uma classe denominada média a fim de facilitar a elaboração de instrumentos baseada em limites bem definidos entre alta e baixa adequabilidade.

Quadro 2. Critérios ambientais para a adequabilidade para ocupação com base nas unidades de terreno.

Classe	Critérios ambientais para adequabilidade de ocupação
Muito Baixo	Espessura do solo < 1 metro
	Inseridas em região de escarpas
	Inseridas em região com ocorrência de lentes de calcário
	Nível de água < 1 metro ¹
	Alta frequência de ocorrência de processos de geodinâmica externa ¹
Baixo	Espessura do solo entre 1 e 5 metros
	Inseridas em região de vales dissecados
	Nível de água entre 1 e 5 metros ¹
Alto	Solos bem drenados em áreas de chapada
	Espessura do solo entre 5 e 10 metros
	Nível de água entre 5 e 10 metros ¹
Muito Alto	Solos bem drenados em áreas de planos intermediários
	Profundidade do solo > 10 metros
	Nível de água > 10 metros ¹

¹ considerado quando a informação está disponível

3 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Os aspectos ambientais e legislativos considerados na avaliação de viabilidade de ocupação são apresentados no mapa de restrições à ocupação

do Distrito Federal (Figura 2) o qual foi elaborado para apresentar a distribuição espacial das restrições legais vigentes no território do Distrito Federal.

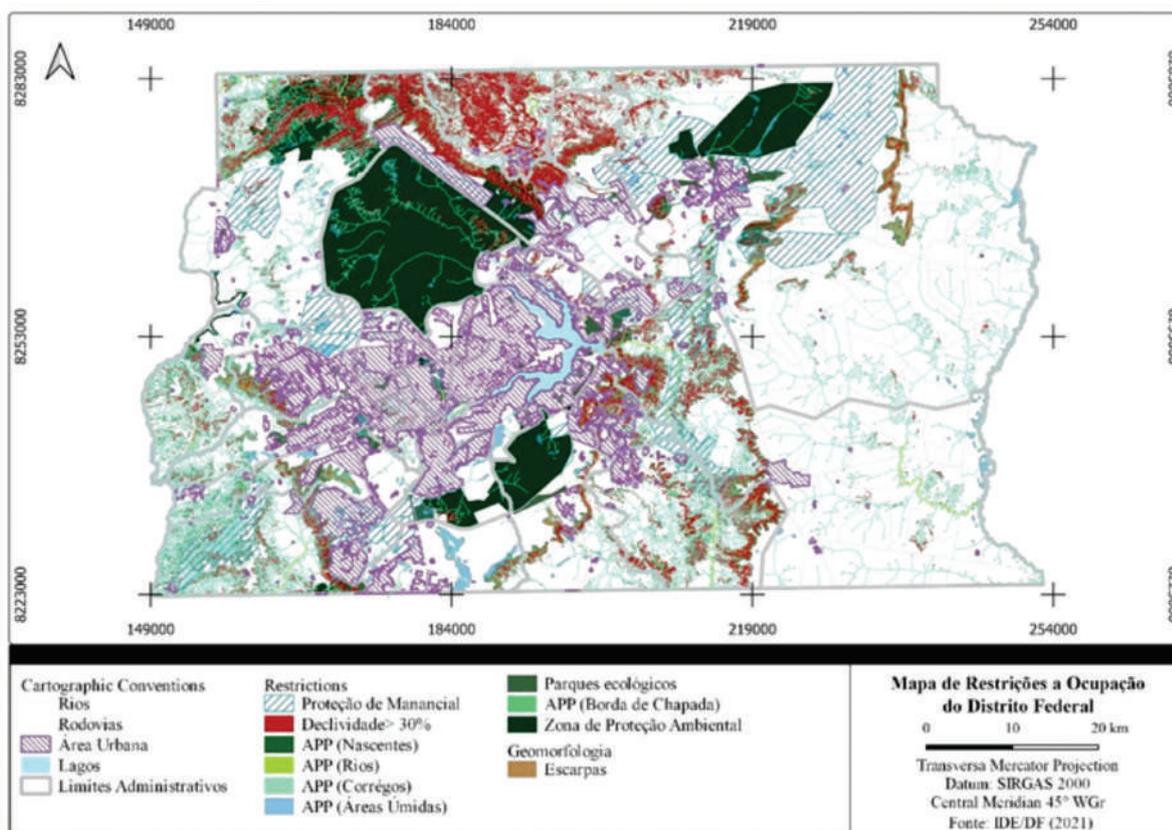


Figura 2. Mapa de restrições à ocupação do Distrito Federal.

Observa-se que cerca de 45% (2565,9 km²) do território está inserido em algum tipo de restrição legal reforçando a importância da correta avaliação da viabilidade de ocupação, que inclui novos parcelamentos e a regularização de ocupações existentes, principalmente nas proximidades de áreas ambientalmente protegidas com na região Chácara Santa Luzia com ocupações sob um antigo lixão ou o assentamento 26 de setembro próximo a unidade de conservação do Parque Nacional.

Outro ponto importante é sobreposição da área urbanizada com algumas das restrições representadas na Figura 2. Essas situações podem

estar associadas a invasões de área de preservação permanente ou de proteção de manancial como no Setor Habitacional Ponte de Terra ou no registro de projetos urbanísticos antes da criação das áreas de proteção ambiental. Ao cruzarmos o cadastro de imóveis identificamos 23.750 imóveis, aproximadamente de 2%, cadastrados na base do DF estão inseridos em áreas com algum tipo de restrição legal.

Ao recategorizarmos os critérios escolhidos no Quadro 1 foi possível obter o mapa de viabilidade de ocupação (Figura 3).

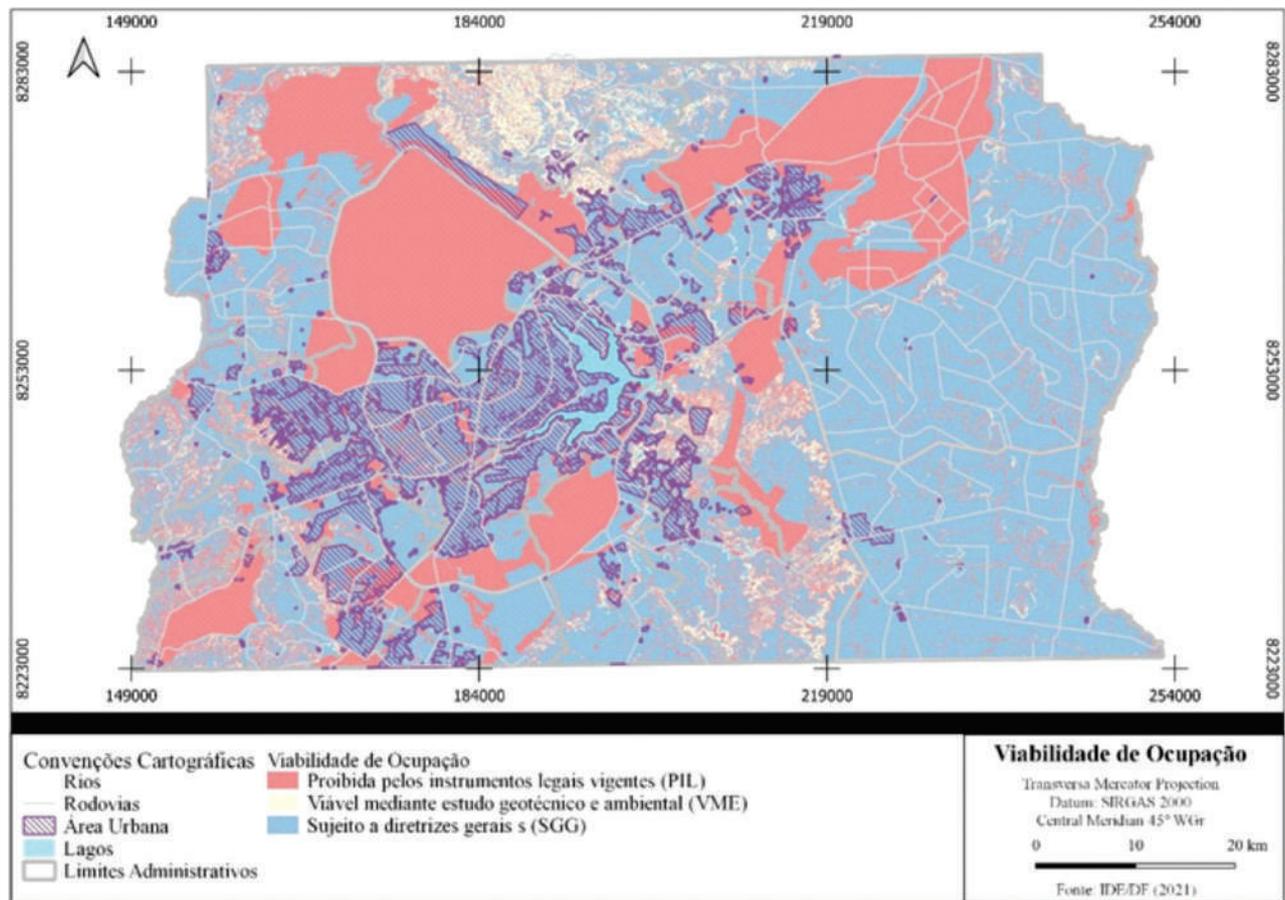


Figura 3. Mapa de viabilidade de ocupação do Distrito Federal.

Algumas informações listadas no Quadro 1 não estão incluídas no produto cartográfico, mas não devem ser desconsiderados durante a análise em maior nível de detalhe. Essas áreas são, as áreas de regularização pois são objeto de estudos

e projetos urbanísticos específicos, as áreas com condições geológicas desfavoráveis e de risco e a infraestrutura de saneamento básico por ser uma informação restrita aos funcionários do governo. O zoneamento de risco de perda de recarga, per-

da de cerrado, contaminação e perda de solo por erosão do ZEE também não foram inseridos no mapa, pois não são critérios impeditivos.

O Quadro 3 traz algumas diretrizes gerais propostas na área da classe sujeito a diretrizes ge-

rais tendo como base alguns trabalhos de cartografia geotécnica desenvolvidos no Distrito Federal (AGUIAR, 1997; AHUALLI, 2019; ALMEIDA, 2022; ALVES, 2009; BATISTA, 2012; OLIVEIRA et al., 2019).

Quadro 3. Diretrizes gerais sugeridas para novos parcelamentos e ocupações existentes.

Aplicável à classe		Diretrizes gerais
SDG	VME	
Sim	Sim	Deve ser observada a viabilidade de abastecimento de água por sistema operado pelo órgão responsável;
Sim	Sim	Áreas verdes intraurbanas devem qualificadas e avaliadas frente a sua contribuição em termos de serviços ecossistêmicos para as quais devem ser definidas diretrizes específicas pelo órgão responsável.
Sim	Sim	A solução de esgotamento sanitário deve ser definida com o pelo órgão responsável, que avaliará as condições específicas de atendimento à população de projeto, considerando os limites dos corpos d'água receptores e a proteção da bacia hidrográfica.
Não	Sim	O parcelamento do solo fica condicionado a apresentação de um laudo emitido com profissional certificado que comprove que os riscos geotécnicos na área do projeto são baixos ou negligenciáveis e contendo soluções para evitar riscos oriundos do processo de ocupação.
Não	Sim	Para novos parcelamentos, o sistema de coleta de águas pluviais deve ser implementado antes do processo de ocupação.
Sim	Não	Em área de recarga dos aquíferos, a implantação de novos empreendimentos deve prever a implantação medidas que favoreçam a recarga artificial dos aquíferos, tomando as devidas providências para evitar a contaminação das águas subterrâneas.
Sim	Sim	Os novos parcelamentos devem confirmar a existência dos poços no entorno e em caso positivo, deve limitar seus usos a um baixo potencial poluidor. Em caso de adoção de poços como sistema de abastecimento deve se avaliar os usos no entorno.
Sim	Não	Em áreas de recarga dos aquíferos recomenda-se que a ocupação deve buscar reduzir o nível de impermeabilização do solo e impedir a implantação de usos com alto potencial poluidor.
Sim	Não	Adoção de técnicas compensatórias sempre ressaltando que a escolha da melhor técnica a ser usada depende das características ambientais e urbanas do local
Não	Sim	As edificações em áreas com declividades acima de 30%, nos casos permitidos pelo estudo geotécnico, deverão evitar cortes profundos nas encostas e estar associados a recursos que reduzam o impacto visual da solução, além de criar lotes com maior dimensão paralela às curvas de nível de forma a reduzir a necessidade de encaixe do lote ao terreno;
Não	Sim	Em áreas com declividades superiores a 45%, recomenda-se a criação de áreas verdes "non aedificandi" com preservação da mata nativa.
Sim	Sim	Não será permitido o parcelamento do solo em terrenos alagadiços e sujeitos a inundações, antes de tomadas as providências para assegurar o escoamento das águas.
Sim	Sim	Não será permitido o parcelamento do solo em terrenos que tenham sido aterrados com material nocivo à saúde pública, sem que sejam previamente saneados.
Sim	Sim	Não será permitido o parcelamento do solo em terrenos onde as condições geológicas não aconselham a edificação.
Sim	Sim	Não será permitido o parcelamento do solo em áreas de preservação ecológica ou naquelas onde a poluição impeça condições sanitárias suportáveis, até a sua correção.
Não	Sim	A impermeabilização máxima do solo fica restrita a 50% da área total da gleba do parcelamento sendo proibido o corte de espécies arbóreas nativas existentes nas áreas verdes delimitadas pelos projetos de urbanismo de novos empreendimentos imobiliários.
Sim	Sim	Na área de alta risco de perda de erosão, a remoção da cobertura vegetal e do solo superficial deve ser realizada somente antes do início da implantação de qualquer empreendimento e, obrigatoriamente, em época de seca.
Sim	Sim	Na área de médio risco de perda de erosão, a remoção da cobertura vegetal e do solo superficial deve ser realizada somente antes do início da implantação dos empreendimentos, preferencialmente, em época de seca.
Sim	Sim	O plano de ocupação deve apresentar um mapeamento geológico-geotécnico, elaborado por um geólogo ou engenheiro geotécnico, indicando a compatibilidade entre a geologia, geotecnia, topografia e condições de drenagem da área e a proposta de ocupação.
Sim	Sim	As áreas dos novos parcelamentos devem ser avaliadas quanto a escavabilidade visando não inviabilizar a implantação da infraestrutura relacionada ao saneamento básico ou outras obras enterradas.
Sim	Não	Não se recomenda a implementação de usos com alto potencial poluidor nas áreas com risco alto de contaminação do subsolo em que são observadas baixa declividade e baixa densidade de drenagem, características estas que favorecem a infiltração das águas pluviais.

Ao cruzar a área urbanizada com as classes SDG, VME e PIL, 1% da área (8,76 km²) está inserida na classe viável mediante estudo geotécnico e ambiental correspondente a $\frac{1}{4}$ da classe SDG em todo o Distrito Federal, 84% da área urbana (546,42 km²) está inserida na classe sujeito a diretrizes gerais e 15% da área urbana (97,57 km²) está inserida na classe proibida pelos instrumentos legais vigentes indicando que 15% das ocupações em área urbana podem estar infringindo alguma legislação vigente. Ao remover a área urbanizada da soma das áreas composta pelas classes SDG

e VME identificamos que aproximadamente 8% do território do DF ainda pode ser alvo de novos parcelamentos.

Ao recortarmos a compartimentação fisiográfica pela Macrozona Urbana, identificamos 166 unidades de terreno, cada uma com suas características geológicas, geomorfológicas, pedológicas e geotécnicas as quais não serão discutidas detalhadamente nesta pesquisa. Com base nessas unidades de terreno foi elaborado o mapa de adequabilidade para ocupação (Figura 4) com base nos critérios definidos no Quadro 2.

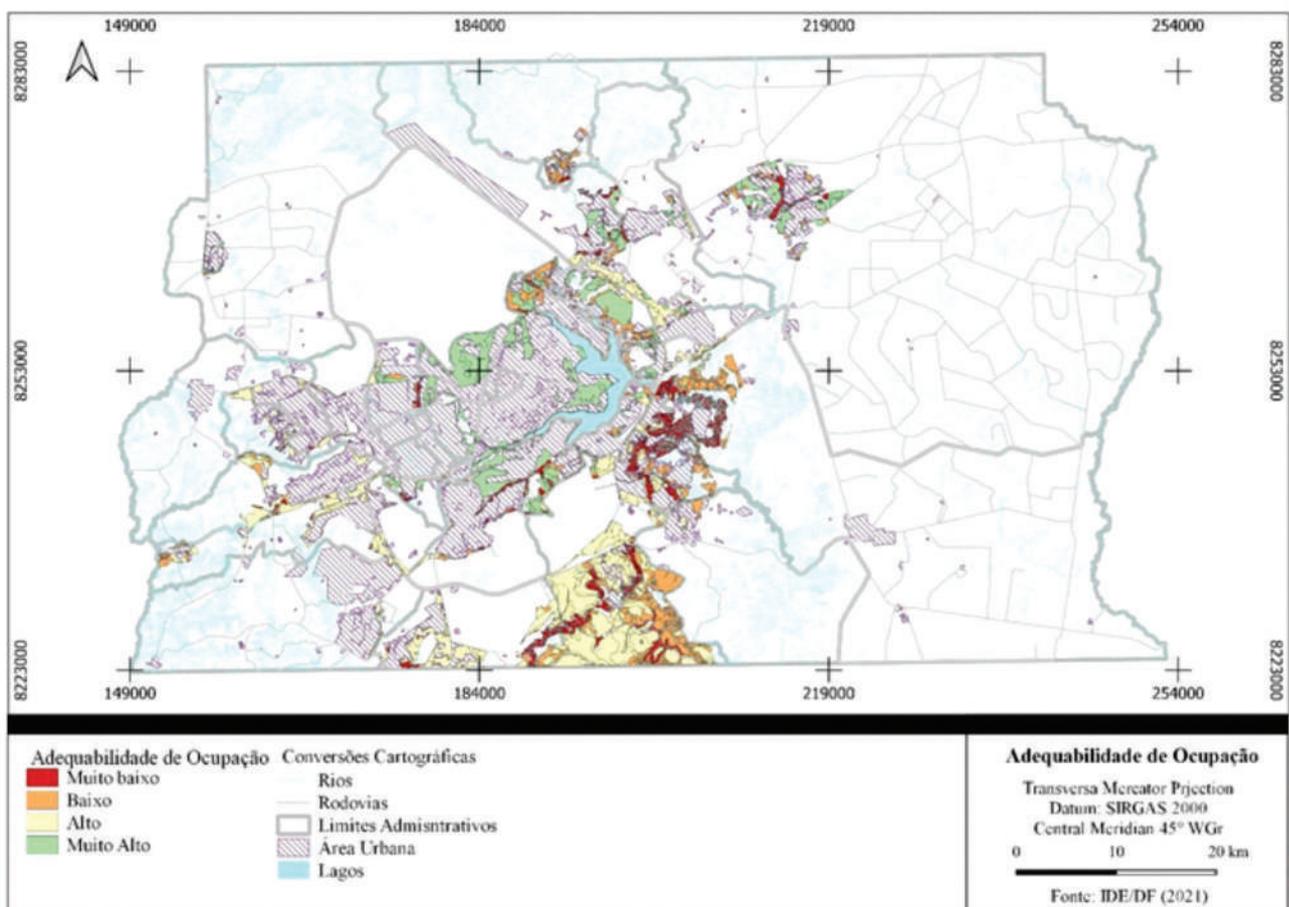


Figura 4. Mapa de adequabilidade para ocupação.

Apesar de 35% da área da Macrozona Urbana apresentar aptidão muito alta, a maior parte dessas áreas encontra-se urbanizada ao contrário das áreas categorizadas como alta adequabilidade que, cobrindo 38% da área da Macrozona Urbana, encontram-se em sua maioria desocupadas. As áreas categorizadas com muito baixa e baixa representam juntas 27% da macrozona urbana e encontram-se em sua maioria desocupadas.

A adequabilidade apresentada na Figura 4 não exige a necessidade do cumprimento das demais normas vigentes ou da execução de estudos em escala compatível com o processo de parcelamento, mas orienta a escolha de locais mais adequados para o parcelamento.

4 CONCLUSÕES

O produto cartográfico de viabilidade à ocupação elaborado neste trabalho permite ao poder público avaliar preliminarmente a existência de alguma restrição relacionada a uma legislação federal ou distrital consultando um único produto cartográfico otimizando o processo de parcelamento e de regularização de parcelamentos. Entretanto, diante da dinâmica das mudanças que ocorrem no ambiente urbano é importante realizar a análise de viabilidade em duas etapas, sendo a primeira utilizando o produto cartográfico proposto e a segunda etapa em escala de detalhe considerando todos os instrumentos vigentes passíveis de serem incluídos na análise.

Com base no mapa de viabilidade foi possível identificar que 45% do território do Distrito Federal está inserido em algum tipo de restrição relacionada a uma legislação federal ou distrital e 15% da em área urbanizada infringe algum instrumento legal vigente. O cruzamento com o cadastro de imóveis retornou que 2% dos imóveis do DF, aproximadamente 23.750, estão inseridos em áreas com algum tipo de restrição legal. Ao remover a área urbanizada da soma das áreas composta pelas classes SDG e VME restam aproximadamente 8% do território do DF que ainda pode ser alvo de novos processos de parcelamentos.

Considerando as problemáticas a que a população está submetida foram elaboradas diretrizes para tornar mais harmônico o processo de urbanização relacionadas a fenômenos da geodinâmica externa até de infraestrutura. Cabe ressaltar que o governo do Distrito Federal não dispõe de informações públicas sobre áreas com condições geológicas desfavoráveis e de risco e por isso não foram incluídas no produto cartográfico, mas devem ser algo de estudo específico e incorporados em etapas posteriores de análise pois são de extrema importância para a análise de viabilidade de ocupação.

Por fim, o mapa de adequabilidade baseado na compartimentação fisiográfica permite hierarquizar as áreas em função da adequabilidade e identificar mais favoráveis para serem ocupados. As áreas de classe muito alta adequabilidade encontra-se quase totalmente urbanizada, e devem ser áreas prioritárias em relação às áreas inseri-

das nas demais classes. A maior parte das áreas não urbanizadas encontram-se nas classes de alta adequabilidade correspondente às áreas em que a ocupação é passível de ocorrer, desde que não impeçam a infiltração de águas pluviais, não exerçam atividades com alto potencial poluidor e não exista outra restrição vigente. As áreas que apresentam baixa adequabilidade devem ser evitadas visto que possuem alguma característica que pode dificultar o processo de ocupação enquanto nas áreas de classe muito baixa adequabilidade não é recomendado a criação de novos parcelamentos ou a regularização de ocupações existentes. A adequabilidade utiliza somente critérios ambientais e deve ser integrada a critérios sociais, urbanísticos e econômicos para uma análise mais robusta.

REFERÊNCIAS

Aguiar, R. L. 1997. *Zoneamento geotécnico geral do Distrito Federal: procedimentos metodológicos e sua inserção na gestão ambiental*. USP.

Ahualli, L. 2019. *Aplicação da cartografia geotécnica como subsídio para o planejamento urbano no Setor Habitacional Fercal*. Dissertação de Mestrado. Universidade de Brasília.

Almeida, L. L. 2022. *Cartografia geotécnica de grande escala: análise do solo utilizando penetrômetro dinâmico à energia variável no Setor Habitacional Taquari/DF*. Universidade de Brasília.

Alves, P. C. 2009. *Cartografia geotécnica para obras subterrâneas: condições de construções de garagens subterrâneas e metrô no Plano Piloto de Brasília*. Dissertação de Mestrado. Universidade de Brasília.

Batista, P. L. H. 2012. *Cartografia geotécnica aplicada aos riscos de alagamento e inundação na bacia do Rio São Bartolomeu*. Dissertação de Mestrado. Universidade de Brasília.

Charman, J. 2001. Desk studies. In James S. Griffiths (Ed.), *Land Surface Evaluation for Engineering Practice*. Geological Society of London. pp. 19–21.

Corrêa, C.V.S., Reis, F. A. G. V., Giordano, L. C., Bressani, L.A., Chaves, C. J., Amaral, A. M. C. D. H. D. B., & Medeiros, G. A. DE. 2018. Geo-environ-

mental zoning using physiographic compartmentalization: a proposal for supporting sustainable decision-making. *Anais Da Academia Brasileira de Ciências*, v. 89, n. 3, p 1503–1530.

Corrêa, C. V. S., Reis, F. A. G.V., Giordano, L. D. C., Cabral, V. C., Gramani, M. F., Gabelini, B. M., Duz, B. G., & Veloso, V. Q. 2021. Assessment of the Potentiality to the Debris-Flow Occurrence from Physiographic and Morphometrics Parameters: a Case Study in Santo Antônio Basin (Caraguatatuba, São Paulo State, Brazil). *Anuário Do Instituto de Geociências*, 44. https://doi.org/10.11137/1982-3908_2021_44_43313

CPRM, SERVIÇO GEOLÓGICO DO BRASIL & IPT, INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS. 2014. Cartas de suscetibilidade a movimentos gravitacionais de massa e inundações - 1:25.000 - {Nota} técnica explicativa. *Brasília*. http://rigeo.cprm.gov.br/xmlui/bitstream/handle/doc/16588/NT-Carta_Suscetibilidade.pdf?sequence=1

DEARMAN, W. R. 1991. *Engineering Geological Mapping*. British Library Cataloguing Publication Data.

Deget & Digeap, CPRM, SERVIÇO GEOLÓGICO DO BRASIL. 2021. *Setorização de Área de Risco Geológico* (J. C. Lana, D. de Jesus, & T. Antonelli (eds.); 1ª, Vol. 3). CPRM.

Diniz, N. C. 2012. Cartografia geotécnica por classificação de unidades de terreno e avaliação de suscetibilidade e aptidão. *Revista Brasileira de Geologia de Engenharia e Ambiental*, v. 2, n. 1/2, p. 29–77.

Diniz, T. D., Zaine, J. E., & Rodrigues, F. H. 2016. Compartimentação fisiográfica aplicada ao mapeamento em detalhamento progressivo do núcleo urbano central de Ilhabela-SP. *Revista Do Instituto de Geociências – USP*, v. 16, n. 3, p 57–70.

Fookes, P. G., Lee, E. ., & Sweeney, M. 2001. Pipeline route selection and ground characterization, Algeria. In James S. Griffiths (Ed.), *Land Surface Evaluation for Engineering Practice*. Geological Society of London, pp. 115–121.

Freitas-Silva, F. H., & Campos, J. E. . 1998. Geologia do Distrito Federal. In: Inventário Hidrogeológico e dos Recursos Hídricos Superficiais do Distrito Federal. *Brasília*.

Griffiths, J. S. 2017. Technical note: Terrain evaluation in Engineering Geology. *Quarterly Journal of Engineering Geology and Hydrogeology*, v. 50, n. 1, p 3–11. <https://doi.org/10.1144/qjegh2016-090>

IDE/DF. 2021. *Infraestrutura de Dados Espaciais - Geoportal*. Retrieved in July 4, 2021 from <https://www.geoportal.seduh.df.gov.br/geoportal/>

Lawrance, C. J., Byard, R. J., & Beaven, P. J. 1993. *Terrain Evaluation Manual*. State of the Art Review 7.

Lumiatti, G., Reis, F. A. G. V., Giordano, L. do C., Corrêa, C. V. dos S., Galvão, A. L. dos S., & Bresane, A. 2022. Debris flow susceptibility mapping for prevention in risk areas: a novel physiographic compartmentalization-based approach. In J. H. P. Silveira (Ed.), *Meio Ambiente, Sustentabilidade e Tecnologia – Volume 10*. Editora Poisson. <https://doi.org/10.36229/978-65-5866-169-6.CAP.02>

Oliveira, B. R., Souza, N. M., & Silva Junior, E. . 2019. Cartas Geotécnicas Aplicadas ao Planejamento Urbano: Estudo de Caso no Setor Habitacional Taquari/ DF. *Anuário Do Instituto de Geociências - UFRJ*, v. 42, n. 3, p. 98–111.

Oliveira, T. 2004. *Compartimentação fisiográfica aplicada à avaliação de terrenos – subsídio ao planejamento territorial do município de Cananéia – SP*. Universidade Estadual Paulista.

Pilachevsky, T., Reis, F. A. G. V., Giordano, L. do C., Mascaro, S. de A., & Macedo, J. G. C. de. 2015. Compartimentação fisiográfica aplicada ao planejamento ambiental territorial: estudo de caso no município de São João da Boa Vista (SP). *Revista Brasileira de Cartografia*, v. 67, n. 1.

Rodrigues, F. H. 2012. *Análise integrada aplicada ao mapeamento Geológico – geotécnico na escala de 1:20.000 da estrada de castelhanos, ILHABELA – SP*. Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho.

Rosa, R. M., & Ferreira, V. de O. 2022. Compartimentação paisagística multiescalar da bacia hidrográfica do rio Uberabinha (Minas Gerais, Brasil) por meio da perspectiva geossistêmica. *Sociedade & Natureza*, v. 34, n. 1. <https://doi.org/10.14393/SN-v34-2022-63507>

Souza, C. R. G., Holl, M. C., & Vedovello, R. 1998. Método de mapeamento integrado do meio físico como suporte ao zoneamento ecológico-econômico da Baixada Santista, SP. *Proc. Simpósio Brasileiro de Cartografia Geotécnica, Florianópolis*.

Souza, N. C., Diniz, C., & Zuquette, L. . 1993. Critérios de avaliação geotécnica de unidades de terreno no planejamento urbano. *Proc. Congresso Brasileiro de Geologia de Engenharia, Poço de Caldas*.

Sweeney, M. 2017. Terrain and geohazard challenges for remote region onshore pipelines: risk management, Geoteams and Ground Models. *Quarterly Journal of Engineering Geology and Hydrogeology*, v. 50, p. 13–52.

Zaine, J. E. (. (2011). *Método de fotogeologia aplicado a estudos geológico-geotécnicos: ensaio em Poços de Caldas, MG*. Universidade Estadual Paulista.

ZEE. 2011. ZEE - Relatório técnico, Subproduto 3.1. Distrito Federal, Brasília.

Zuquette, L. V., & Gandolfi, N. 2014. *Cartografia Geotécnica* (1st ed.). Editora Oficina de Texto.

BANCOS DE DADOS DE IMAGENS PARA GERENCIAMENTO DE RISCOS DE DESASTRES RELACIONADOS A FENÔMENOS NATURAIS: UMA PROPOSTA BASEADA EM PROCEDIMENTOS SISTEMÁTICOS DE DESCRIÇÃO, INDEXAÇÃO E CLASSIFICAÇÃO DE DOCUMENTOS FOTOGRÁFICOS

IMAGE DATABASES FOR DISASTER RISK MANAGEMENT RELATED TO NATURAL PHENOMENA: A PROPOSAL BASED ON SYSTEMATIC PROCEDURES OF DESCRIPTION, INDEXING AND CLASSIFICATION OF PHOTOGRAPHIC DOCUMENTS

LINLEY VIANA MACIEL

Graduanda em Medicina Veterinária – Universidade Estadual Paulista – UNESP, Campus Botucatu, Botucatu, SP – Brasil - linleymaciel@outlook.com

FRANCISNEIDE SOARES RIBEIRO

Geógrafa, Assistente Técnica de Pesquisa Científica e Tecnológica, Instituto de Pesquisas Ambientais do Estado de São Paulo, São Paulo, SP – Brasil – francis@sp.gov.br

RICARDO VEDOVELLO

Geólogo, Doutor em Geociências e Meio Ambiente, Pesquisador Científico, Instituto de Pesquisas Ambientais do Estado de São Paulo, São Paulo, SP – Brasil – rvedovello@sp.gov.br

RESUMO ABSTRACT

Imagens fotográficas e registros correlatos constituem material valioso para consulta e utilização não apenas de forma direta na aplicação ou no contexto em que foram obtidas, mas também para subsidiar novas análises ou preparação de materiais diversos, inclusive com finalidades didáticas. Entretanto os registros costumam estar arquivados ou armazenados em pastas físicas ou virtuais que dificultam a identificação e localização de produtos fotográficos com determinadas características de interesse. Para equacionar essa situação, a elaboração de banco de dados é essencial, de forma a possibilitar a organização e consulta desses materiais. No presente trabalho é apresentada uma proposta de estruturação de um banco de dados de imagens para subsidiar as atividades de gestão de riscos de desastres relacionados a fenômenos naturais perigosos. O trabalho foi desenvolvido junto ao acervo de imagens do Núcleo de Geologia de Engenharia e Ambiental do

Photographic images and similar products constitute valuable material for consultation and use not only directly in the application or context in which they were obtained, but also to support new analyses or preparation of various materials, including for didactic purposes. However, records are often archived or stored in physical or virtual folders that make it difficult to identify and locate photographic products with certain characteristics of interest. To address this situation, the development of a database is essential, in order to enable the organization and consultation of these materials. In the present work is presented a proposal for structuring an image database to subsidize disaster risk management activities related to dangerous natural phenomena. The work was developed with the collection of images of the Engineering and Environmental Geology Group of the Geological Institute (NGEA/IG), in the state of São Paulo, Brazil. Systematic proce-

Instituto Geológico (NGEA/IG), do estado de São Paulo. Foram definidos e aplicados procedimentos sistemáticos para a elaboração de banco de dados fotográficos incluindo: definição e classificação do universo de desastres e fenômenos naturais perigosos a ser avaliado; identificação e padronização de características e atributos para descrição, indexação e classificação das imagens; definição de catálogo de termos documentais e técnicos a serem adotados como palavras-chave; elaboração de um protótipo de banco de dados; e execução de testes de consulta. Os procedimentos foram aplicados em uma amostragem de fotografias obtidas em estudos no município de Itaoca (SP). Os resultados apresentaram grande potencial para a estruturação de bancos de dados similares e serviram de base para a modelagem final do banco de imagens que integrará a plataforma e o ambiente tecnológico especializado do Instituto Geológico, voltado para a gestão de riscos de desastres.

Palavras-chave: Bancos de Dados, Fenômenos Naturais, Imagens, Fotografias, Gestão de Riscos de Desastres

1 INTRODUÇÃO

A ocorrência de acidentes e desastres associados a processos geodinâmicos tais como deslizamentos, erosão e inundações são frequentes em todo o mundo, causando perdas sociais e econômicas, além de mortes. Para enfrentar essa situação e minimizar seus efeitos, diversas ações e estratégias têm sido definidas e adotadas em todo o mundo, em grande parte por meio de políticas públicas específicas e complementares.

Ainda que tais políticas existam em várias regiões, verifica-se que os acidentes e desastres continuam ocorrendo, com danos e impactos cada vez maiores. Com o intuito de enfrentar adequadamente o assunto, redes de pesquisa e de governança têm sido articuladas tanto em esfera internacional como nacional, indicando-se a necessidade de tratar a questão de forma ampla, articulada e contemplando todas as interfaces relacionadas à prevenção dos desastres. Uma discussão detalhada sobre este cenário pode ser vista em Ferreira (2012) e em Brollo & Ferreira (2016) dentre outros.

dures were defined and applied for the elaboration of photographic databases including: definition and classification of the universe of disasters and dangerous natural phenomena to be evaluated; identification and standardization of characteristics and attributes for description, indexing and classification of images; definition of catalog of documentary and technical terms to be adopted as keywords; development of a database prototype; and execution of query tests. The procedures were applied in a sampling of photographs obtained in studies in the municipality of Itaoca, São Paulo State (SP). The results indicate great potential for the structuring of similar databases and served as the basis for the final modeling of the image bank that will integrate the platform and specialized technological laboratory of the Geological Institute, focused on disaster risk management.

Keywords: Databases, Natural Phenomena, Images, Photographs, Disaster Risk Management

Para tratar a prevenção de riscos de desastres de forma ampla e articulada, visando reduzir as vulnerabilidades, minimizar as perdas e ampliar a capacidade de enfrentamento das situações de emergência e os riscos existentes, foi instituído no Estado de São Paulo o Programa Estadual de Prevenção de Desastres Naturais e de Redução de Riscos Geológicos - PDN (Decreto Estadual nº 57.512, de 11 de novembro de 2011), posteriormente reorganizado pelo Decreto Estadual nº 64.673, de 16 de dezembro de 2019. Anterior à Lei Federal nº 12.608, de 10 de abril de 2012, que instituiu a Política Nacional de Proteção e Defesa Civil, o PDN já indicava a necessidade de tratar a Prevenção de Desastres não apenas por meio do gerenciamento das áreas de risco já existentes e por mecanismos de preparação para resposta aos desastres, mas também contemplando formas de evitar, reduzir, gerenciar e mitigar situações de risco, por meio de mecanismos de governança e de planos de ação intersetoriais.

Neste contexto o PDN, que conta com a coordenação dos trabalhos executivos a cargo da Coordenadoria Estadual de Proteção e Defesa

Civil – CEPDEC, da Casa Militar do Governo do Estado de São Paulo, e que tem na Secretaria Executiva a participação do Instituto Geológico da Secretaria de Infraestrutura e Meio Ambiente do Estado, indica cinco pilares de ações, articulados em um ciclo contínuo de: diagnóstico; planeja-

mento e ordenamento territorial; monitoramento e fiscalização; redução e erradicação; e capacitação e disseminação de informações. A Figura 1, a seguir, ilustra o ciclo de gestão de riscos de desastres adotado pelo PDN.

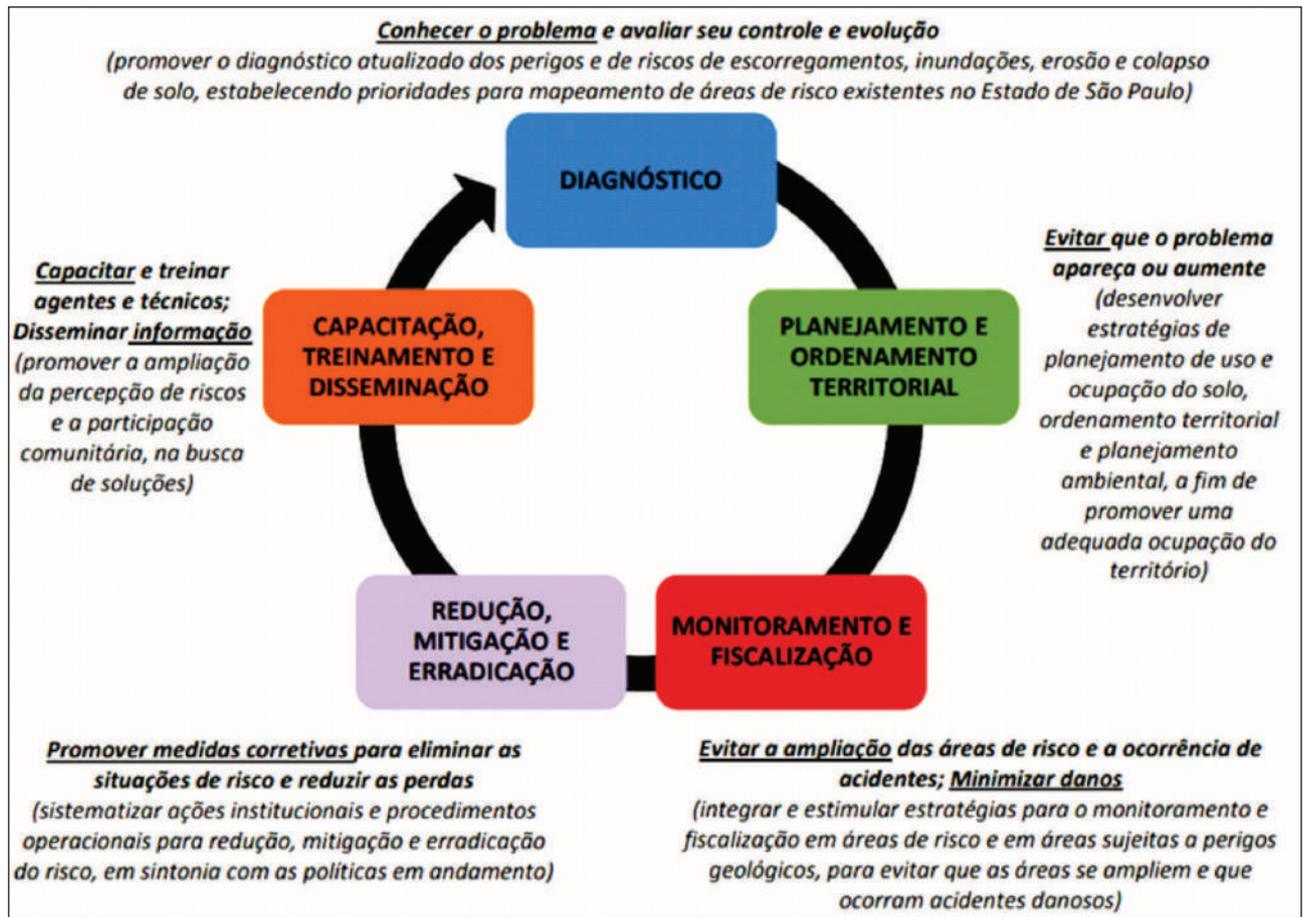


Figura 1. Estruturação do Programa Estadual de Prevenção de Desastres e Redução de Riscos Geológicos – PDN (Brollo & Tominaga, 2012).

Independente do pilar considerado, grande parte das atividades e projetos no âmbito do PDN contribuem para a tomada de decisões e para a viabilização de ações em mais de uma frente de atuação, de tal maneira que é essencial a elaboração de sistemas gerenciadores de informações geoambientais associados a banco de dados georreferenciados (Vedovello et al. 2002), para que técnicos, gestores e usuários possam ter acesso adequado às informações e dados.

No Instituto Geológico (IG), grande parte das informações produzidas para a Gestão de Riscos

de Desastres (GRD) está sendo articulada em uma plataforma tecnológica do ambiente laboratorial de GRD do Instituto, a qual poderá integrar redes interinstitucionais, e fornecer dados em formato georreferenciado. Tal plataforma integrará dados e informações de: mapeamentos de perigos e riscos geodinâmicos; vulnerabilidades territoriais socioeconômicas e ambientais; relatórios de vistorias e de atendimentos técnicos emergenciais; sistemas de alerta e planos de contingência; cadastros de eventos e desastres; entre outras aplicações e funcionalidades. Um dos componentes

estratégicos dessa plataforma contemplará um banco de fotografias, vídeos e imagens de campo, o qual poderá subsidiar consultas e acessos a partir de palavras-chave, e que subsidiará desde ações de análise histórica de eventos e de monitoramento de áreas, até a produção de material didático, cartilhas e materiais lúdicos.

Para que isso seja possível é necessário indexar as imagens e fotos do acervo institucional, de maneira sistemática e conforme procedimentos metodológicos adequados, considerando a aplicabilidade e preservação do material em suas coleções originais e em projetos e atividades específicas.

Neste contexto o presente trabalho apresenta uma proposta preliminar para balizar a estruturação de um banco de dados de imagens relacionadas à prevenção de desastres associados a fenômenos naturais. Tal proposta é decorrente de uma pesquisa (Maciel et al. 2019) desenvolvida no âmbito do Programa Institucional de Bolsas de Iniciação Científica do Instituto Geológico, categoria Ensino Médio, financiada pelo CNPq (PIBIC-IG-EM/CNPq).

2 OBJETIVOS

O Objetivo Geral do trabalho é estruturar um modelo de inserção e de descrição de imagens fotográficas relacionadas à prevenção de desastres naturais e gestão de riscos de desastres em um banco de dados georreferenciado, com o intuito de facilitar consultas e subsidiar o uso das imagens em estudos sobre recorrência de acidentes e desastres, sobre monitoramento de áreas de risco críticas, e para a elaboração de material educativo.

Os Objetivos Específicos são:

- definir uma estrutura de descrição de documentos fotográficos, contemplando aspectos documentais e técnicos;
- definir palavras-chave relacionadas a desastres naturais, fenômenos geodinâmicos perigosos, registros de eventos e indicadores de instabilidade de terrenos;
- realizar a modelagem e a elaboração de um banco de dados (BD) piloto;
- selecionar e analisar parte do acervo fotográfico do Núcleo de Geologia de Engenharia e

Ambiental do Instituto Geológico, relacionadas ao tema da pesquisa;

- realizar o georreferenciamento e a inserção de imagens em ambiente de banco de dados;
- realizar testes de consulta por palavras-chave e por áreas com recorrência de registros.

3 METODOLOGIA

A estruturação do procedimento metodológico iniciou-se com a realização de pesquisa bibliográfica voltada para a definição de conceitos e termos relacionados a desastres naturais a serem utilizados no trabalho, e para a descrição, indexação e gerenciamento de documentos fotográficos em bancos de dados.

Paralelamente foram levantadas informações sobre o acervo de imagens dos trabalhos de atendimentos emergenciais, vistorias, mapeamentos de áreas de riscos e outras atividades de planejamento e de ordenamento territorial do Núcleo de Geologia de Engenharia e Ambiental do IG (NGEA/IG). Tal levantamento teve o objetivo inicial de verificar o formato em que as imagens estavam disponíveis, bem como a estrutura de organização e de armazenamento do material obtido mesmo antes do advento das imagens digitais e dos sistemas de georreferenciamento.

Também de forma concomitante aos trabalhos iniciais, foram avaliados sistemas de geoprocessamento vinculados a um ambiente de banco de dados que estivessem disponíveis na instituição e com possibilidade de customizações para a busca de imagens por palavras-chave.

A partir dessas pesquisas foram definidas as etapas de estruturação do banco de dados de imagens de desastres associados a fenômenos naturais, conforme indicado a seguir:

- a. definição do universo de fenômenos naturais perigosos a serem contemplados no Banco de Dados;
- b. identificação de características e atributos relacionados aos desastres e fenômenos naturais perigosos;
- c. definição de um quadro/catálogo de termos técnicos relacionados a GRD, a serem adotados como palavras-chave para descrição, indexação e classificação de fotografias;

- d. seleção de uma amostragem de fotos para a elaboração de um protótipo de Banco de Dados;
- e. elaboração de um protótipo de Banco de Dados;
- f. elaboração de um módulo preliminar customizado para testes de consulta.

Na sequência apresenta-se o detalhamento dessas etapas.

3.1 Definição do universo de fenômenos naturais perigosos a serem contemplados no BD

Com o intuito de sistematizar a definição dos tipos de fenômenos naturais perigosos a serem contemplados no banco de imagens foram analisadas as classificações de desastres propostas para a Classificação e Codificação de Desastres, Ameaças e Riscos – CODAR (BRASIL, 2007), para o Banco de Dados de Eventos Emergenciais – EM-DAT (Below et al., 2009; IRDR, 2014), e pelo Código Brasileiro de Desastres – COBRADE (BRASIL, 2012).

A classificação CODAR foi adotada pela Política Nacional de Defesa Civil, em seus anexos “A” (Classificação Geral dos Desastres) e “B” (Codificação de Desastres, Ameaças e Riscos), os quais foram publicados originalmente no Diário Oficial da União (DOU) nº 4, de 05 de janeiro de 1995. Nessa classificação os desastres, ameaças e riscos são classificados quanto: à evolução; à intensidade; e à origem. Em relação à origem, de maior interesse para o presente trabalho, os desastres podem ser naturais, humanos, ou mistos, posteriormente sendo subdivididos conforme a natureza, especificidades e características particulares dos fenômenos perigosos. Este sistema de classificação oferece uma codificação, em formato alfabético e numérico, que facilita a identificação dos desastres e sua padronização para fins de registro em base de dados e ações de gerenciamento e respostas. Detalhes desta classificação podem ser vistos em BRASIL (2007).

O EM-DAT (Emergency Events Database) é um Banco de Dados Internacional desenvolvido pelo Centro para Pesquisa sobre Epidemiologia

de Desastres (CRED), da Faculdade de Saúde Pública da Universidade Católica de Louvains, na Bélgica. O CRED é um Centro de Colaboração da Organização Mundial da Saúde (OMS) para emergências em desastres. A base de dados EM-DAT adota uma classificação baseada e adaptada a partir do Glossário e Classificação de Perigos adotado pelo “Integrated Research on Disaster Risk - IRDR” (IRDR, 2014), do Conselho Internacional para a Ciência (International Council for Science - ICSU), e a partir dos trabalhos de Below et al. (2009). Na classificação EM-DAT são consideradas duas categorias de desastres: natural e tecnológica. Os desastres naturais são divididos em 5 subgrupos, abrangendo 15 tipos e 30 subtipos de desastres, enquanto que os desastres tecnológicos são divididos em 3 subgrupos que contemplam 15 tipos de desastres.

Já o COBRADE consistiu em uma revisão do CODAR que veio no esteio da nova Política Nacional de Proteção e Defesa Civil - PNPDC (Lei Federal 12.608/12), e publicado como anexo da Instrução Normativa MI nº 001, de 24 de agosto de 2012, que “estabelece procedimentos e critérios para a decretação de situação de emergência ou estado de calamidade pública pelos Municípios, Estados e pelo Distrito Federal, e para o reconhecimento federal das situações de anormalidade decretadas pelos entes federativos e dá outras providências”. Esta nova codificação teve o intuito de atualizar e aproximar a classificação adotada no Brasil às categorias de desastres utilizadas pelo EM-DAT. O COBRADE considera a distinção inicial de desastres em naturais e tecnológicos, na sequência indicando agrupamentos e especificações relativas aos diferentes fenômenos perigosos em níveis de grupo, subgrupo, tipo, e subtipo.

Da análise dessas classificações observam-se sobreposições, diferenças de enquadramento e de hierarquização de fenômenos, e outras variáveis que poderiam dificultar a identificação sistemática de elementos de descrição das fotografias. Também se observam variações importantes em relação aos níveis de detalhamento de cada classificação, frente às análises e avaliações efetivamente realizadas em atividades práticas de gerenciamento de riscos de desastres, bem como na terminologia usualmente adotada pela comunidade técnica. Tal fato inclusive levou à equipe do

IG a adotar uma classificação adaptada para fins de elaboração de um banco de dados de eventos e acidentes considerando-se as particularidades encontradas no Brasil e, em particular, no estado de São Paulo.

A classificação adotada pelo Instituto Geológico (Nunes & Ferreira, 2015; IG, 2017) trata especificamente dos desastres naturais associados a eventos geodinâmicos, que ocorrem naturalmente e que podem ser intensificados, acelerados, retardados ou suprimidos em decorrência da ação humana. São considerados três grupos: geológicos (com diferenciação de 11 tipos de fenômenos perigosos), hidrológicos (7 tipos) e meteorológicos (4 tipos).

Diante da variedade de classificações e com o intuito de facilitar a definição dos tipos de fenômenos a serem utilizados na descrição de imagens, foi construído um quadro comparativo entre as referidas classificações. Tal quadro teve a intenção de padronizar e correlacionar os termos a serem adotados também como palavras-chave para pesquisas em banco de dados e restringiu-se aos fenômenos perigosos mais expressivos para o caso do Brasil. A Figura 2 apresenta parte do quadro comparativo elaborado, com destaque para os processos e fenômenos mais pertinentes ao presente trabalho.

NÍVEL HIERARQUICO	CODAR (A)	COBRADE (B)	EM-DAT (C)	Banco de Eventos IG
Nível I – Categoria	Naturais	Naturais	Naturais	Naturais
	Humanos	Tecnológicos	Tecnológicos	
	Mistos			
Nível II – Origem (A) Grupo (B) Família (C)	CODAR (A)	COBRADE (B)	EM-DAT (C)	Banco de Eventos IG
	NATURAIS			
	Origem Sideral	(<i>não definido</i>)	Extraterrestres	(<i>não definido</i>)
	Geodinâmica Terrestre Externa	Climatológicos	Climatológicos	Climatológicos
		Meteorológicos	Meteorológicos	Meteorológicos
		Hidrológicos	Hidrológicos	Hidrológicos
	Geodinâmica Terrestre interna	Geológicos	Geofísicos	Geológicos ou Movimentos de Massa Úmidos
				Desequilíbrio da Biocenose
Nível III - Causa e Tipos	CODAR (A)	COBRADE (B)	EM-DAT (C)	Banco de Eventos IG
	NATURAIS (referentes apenas aos processos contemplados no trabalho)			
	Incremento de precipitações hídricas e inundações	Hidrológicos	Hidrológicos	Hidrológicos
	Inundação (flood)			
	<i>Enchentes ou Inundações Graduais</i>	<i>inundações</i>	<i>Inundações fluviais</i>	<i>Inundação gradual</i>
	<i>Enxurradas ou Inundações Bruscas</i>	<i>enxurradas</i>	<i>Inundações bruscas</i>	<i>Inundação brusca enxurrada</i>
	<i>Alagamentos</i>	<i>alagamentos</i>	(<i>não definido</i>)	<i>alagamento</i>
	Geomorfologia, intemperismo, erosão e acomodação do solo	Geológicos	Deslizamentos (Landslide)	Movimentos de Massa Úmidos
		Movimentos de Massa		Deslizamentos
	<i>Escorregamentos ou Deslizamentos</i>	<i>Deslizamentos solo e ou rocha</i>		<i>“Deslizamentos” “Fluxos de massas”</i>
	<i>Corridas de Massa</i>	<i>Corridas de Massa solo/lama ou rocha/detrito</i>	<i>Corridas de massa “Avalanches”</i>	<i>Corrida de massa</i>
	<i>Rastejos</i>	(<i>não definido</i>)	(<i>não definido</i>)	<i>Rastejo</i>
	<i>Quedas, Tombamentos e/ou Rolamentos de Matacões e/ou Rochas</i>	<i>Quedas, Tombamentos e Rolamentos Blocos, lascas, matacões, lajes</i>	<i>Fluxo de massas (blocos, placas) e de gelo (Ice jam flood)</i>	<i>Quedas, tombamentos e rolamentos</i>

Figura 2. Trecho do quadro comparativo entre níveis hierárquicos de classificações de desastres, com ênfase aos tipos de fenômenos perigosos contemplados no trabalho e com maior recorrência no Brasil.

Os tipos de desastres, fenômenos e processos perigosos selecionados para a definição de campos de indexação das imagens e palavras-chave no presente trabalho foram aqueles relacionados à fenômenos hidrológicos associados a inundações de diversos tipos, e os movimentos de massa, incluindo os diversos tipos de escorregamentos e processos correlatos. Esses fenômenos foram selecionados por serem os mais frequentes no Brasil e no estado de São Paulo, conforme se pode observar facilmente nos noticiários sobre o assunto e em uma grande quantidade de trabalhos técnicos (Tominaga, 2009; Brollo et al, 2011; Ferreira, 2012; Brollo & Ferreira, 2016; entre outros), sendo de grande importância abordá-los.

3.2 Identificação de características e atributos relacionados aos desastres e fenômenos naturais perigosos

A prevenção de desastres associados a fenômenos naturais contempla um universo de atividades variadas, cujo embasamento técnico decorre da avaliação e análise de riscos. Dessa forma é preciso tratar de forma completa todos os fatores que atuam e interagem condicionando a construção dos cenários de riscos e a ocorrência dos acidentes e desastres.

Segundo o Escritório das Nações Unidas para Redução de Riscos de Desastres (United Nations Office for Disaster Risk Reduction - UNDRR), em concordância com as estratégias internacionais indicadas no Marco de Sendai (UNISDR, 2015), a prevenção de desastres naturais deve ser balizada não apenas em ações de resposta e de redução de riscos de desastres, mas contemplar toda a Gestão de Riscos de Desastres (GRD) para garantir sua adequada execução. Tal princípio está totalmente convergente com os eixos de atuação do PDN no estado de São Paulo, os quais, por sua vez, balizam as atividades técnicas do IG no tema.

Portanto, também o acervo de imagens do Instituto apresenta informações de todos os elementos envolvidos na GRD, que precisam ser identificadas e sistematizadas para a determinação de palavras-chave de indexação e para consulta em banco de dados.

Para tanto, definiu-se cinco grupos de fatores que devem ser considerados na identificação das

palavras-chave: características dos terrenos; estruturas antrópicas modificadoras do terreno; feições de instabilidade e indicadores de movimentação; situações de riscos; e medidas mitigadoras.

As **características dos terrenos** se referem aos tipos e formas de ocorrência dos elementos componentes do meio físico, que podem ser de natureza geológica, geomorfológica, pedológica, hidrológica e vegetacional, conforme discutido em Vedovello (2000). Dessa forma é possível, por exemplo, distinguir diferenças de litologias ou estruturas para aspectos geológicos, de tipos de relevos para aspectos geomorfológicos, e tipos de solo ou sedimentos para os aspectos pedológicos.

As **estruturas antrópicas modificadoras do terreno** contemplam aspectos relacionados ao uso e ocupação da terra, incluindo tanto a construção e instalação de edificações e equipamentos, como depósitos, modificações na cobertura vegetal e alterações geomórficas de origem antrópica. Tais aspectos podem ser diferenciados ainda segundo avaliações da dinâmica de uso e ocupação do território. Informações sobre o mapeamento e análise de estruturas antrópicas para fins de avaliações de riscos de desastres podem ser encontradas em Rossini-Penteado & Gibert (2008), Ferreira & Rossini-Penteado (2011), Ferreira et al. (2013) e SÃO PAULO (2016).

As **feições de instabilidade e indicadores de movimentação** incluem registros e evidências de mobilizações já ocorridas ou que estejam ocorrendo, acarretando alterações contínuas das formas originais de elementos geomórficos ou antrópicos de uma área. São assim decorrentes ou indutoras de mobilização e de ruptura da estabilidade geodinâmica ou geotécnica do terreno e das instalações de natureza antrópica.

Quanto aos aspectos relacionados às **situações de riscos**, foram considerados os fatores que determinam sua análise e avaliação, com base na conceituação utilizada pela comunidade técnica, onde Risco é função do Perigo (tipo de processo ou fenômeno que represente uma ameaça a elementos expostos em uma dada área, considerando-se a probabilidade de sua ocorrência, sua expressão em área e magnitude), da Vulnerabilidade do elemento em risco (relacionada às características intrínsecas e resistência dos materiais e aspectos imateriais individuais ou coletivos de elementos

expostos a perigos e que podem sofrer de forma diferenciada os impactos de um fenômeno), e do Dano Potencial (considerando os tipos de consequências decorrentes da possível ocorrência do fenômeno perigoso). Detalhes sobre a terminologia e conceitos envolvidos na avaliação de riscos podem ser vistos em Tominaga et al. (2009) e Cardona et al. (2012), entre outros.

Por fim as **medidas mitigadoras** compreendem ações e intervenções voltadas para minimizar, eliminar ou recuperar áreas que sejam ou possam ser atingidas por fenômenos perigosos, com consequências e impactos negativos. Podem ser de natureza estrutural (em geral relacionadas a obras de engenharia que interferem ou modificam as condições geométricas dos terrenos ou a dinâmica dos eventos perigosos, com o intuito de ampliar a estabilidade das áreas ou de criar proteção contra o impacto dos fenômenos) ou não estrutural (quando contemplam medidas de con-

vivência e de aumento da percepção do risco, ou a mobilização dos elementos em risco de maneira temporária ou definitiva). Em geral medidas estruturais e não estruturais são adotadas concomitantemente ou de forma complementar.

Para identificar as características relevantes de cada um dos cinco grupos de fatores mencionados, além da pesquisa bibliográfica inicial, foram analisadas as fichas de vistorias e de descrição utilizadas nos trabalhos de campo do NGEA/IG, os relatórios de mapeamento de áreas de risco e outros projetos institucionais com aplicações diversas em políticas públicas de planejamento, ordenamento e gerenciamento do território. Tal análise objetivou identificar elementos de descrição e caracterização dos fatores envolvidos na gestão de riscos de desastres.

A Figura 3 apresenta o modelo de uma das fichas utilizadas nos mapeamentos de áreas de risco realizados pelo NGEA/IG, no caso referente

Figura 3. Modelo geral da ficha de descrição e caracterização de áreas de risco utilizada durante os trabalhos de campo pela equipe do IG. No exemplo aqui apresentado refere-se à ficha voltada para a avaliação de áreas afetadas ou sujeitas a escorregamentos.

ao município de Campos do Jordão (IG, 2014). Tal ficha é similar às utilizadas para outras áreas estudadas. Na Figura 4 é apresentado um detalhe da ficha onde se pode observar que tipos de informa-

ções são habitualmente levantados e analisados nas avaliações das áreas de risco e que, portanto, devem compor o conjunto das palavras-chave a serem utilizadas para a descrição das fotografias.

O formulário é dividido em várias seções:

- CARACTERÍSTICAS DA ÁREA EM ANÁLISE** (destacado em azul):
 - Estágio de ocupação:** Consolidada (>80%), Em consolidação (30-80%), Rarefeita (<30%), Loteam. em implantação.
 - Vegetação:** Mata, Arbustiva, Cultivo, Árvores, Rasteira, Sem vegetação/solo exposto, Não Observado.
 - Clima:** Pluviosidade média anual: 1848 mm, Temperatura média anual: 14 °, Excedente hídrico anual: 1130 mm, Meses: novembro a ma
- Geologia:** gnaiss, migmatito
- Cobertura superficial:** Tálus Espessura: - m, Colúvio Espessura: - m, Solo Espessura: 1-3 m
- Perfil predominante das vertentes:** Convexo, Retilíneo, Côncavo
- Encosta:** Altura máxima: 92 m, Inclinação: 18-30 °

CARACTERÍSTICAS DO SETOR EM ANÁLISE (destacado em verde):

- Posição na encosta:** Topo, Meia-encosta, Base, Talvegue
- Critérios para definição do setor (naturais e/ou antrópicos):** - declividade acentuada; - altura taludes de corte (3,5 m), com declividade de 90°; - proximidade moradias a base talude de corte (dist=0 a 1m); - solo frável com exposição das

CONDICIONANTES (destacado em vermelho):

- CONSTRUÇÃO:** Tipo construção: Alvenaria 80%, Madeira 20%, Outros % - Obs. Padrão Construtivo: médio
- Densidade ocupação:** Alta (>70%), Média (30-70%), Baixa (<30%)
- Nº de moradias:** 7, **Nº de moradores:** 28, **Área:** 1.099 m², **Densidade construção:** moradias/m²

GEOMETRIA, MATERIAIS E ESTRUTURAS (destacado em vermelho):

- Material predominante:** Colúvio (Esp.: 1,2 m), Solo desenvolvido (Esp.: m), Solo pouco desenvolvido (Esp.: 1,2 m), Taludes naturais
- Observação:** solo argiloso, dando resistência ao material e baixa erodibilidade
- Geometria:** Saprolito (Esp.: m), Rocha alterada, Rocha sã
- Descrição da rocha:** fragmentos de gnaiss/migmatito alterados em meio a solo pouco desenvolvido, abaixo de linha de quartizito, abaixo de pacote de colúvio

Figura 4. Detalhe de parte da ficha da Figura 3, com destaque dos tipos de informações utilizadas na definição de palavras-chave.

Ressalta-se que, para fins de desenvolvimento do banco de dados, considerou-se pertinente reorganizar as informações contempladas nas fichas e demais materiais analisados em um quadro que agrupasse as características e aspectos relacionados à avaliação e análise de riscos, segundo os cinco grupos de fatores considerados na GRD definidos nesta etapa do trabalho. Tal quadro constituiria um catálogo de palavras-chave apropriado e padronizado para a descrição e a indexação das imagens do acervo no banco de dados.

3.3 Definição de um quadro/catálogo de termos técnicos relacionados a GRD, a serem adotados como palavras-chave para descrição, indexação e classificação de fotografias

A partir dos procedimentos descritos no item 3.2 foi organizado um quadro/ com indicação dos

grupos de fatores relacionados à análise de riscos, aos condicionantes dos fenômenos perigosos e de suas consequências. Tal quadro (Figura 5) constitui uma espécie de catálogo de palavras-chave a ser utilizado na descrição das imagens no ambiente de banco de dados.

Para fins de teste no ambiente de banco de dados escolheu-se apenas parte das palavras-chave apresentadas no quadro/catálogo para a descrição das fotos. Os conjuntos de fatores utilizados estão destacados com cor laranja, em tonalidade mais clara, na Figura 5, e foram escolhidos por possuírem características observadas com mais frequências nas imagens selecionadas. Este quadro inicial, ajustado e complementado durante o trabalho prático de análise das imagens a serem inseridas no BD, serviu de base para a modelagem conceitual da tabela do banco de dados georreferenciado de fotos, conforme detalhado no item 3.5 do presente trabalho.

QUADRO/CATÁLOGO DE FATORES RELACIONADOS À OCORRÊNCIA DE ACIDENTES E DESASTRES				
GRUPO DE FATORES	TIPOS DE FATORES	FATORES ESPECÍFICOS		
Características dos Terrenos	Solos / Sedimentos	Textura, Estrutura, Permeabilidade, Espessura, Densidade		
	Rochas	Tipos	Ígneas, Metamórficas, Sedimentares	
		Estruturas	Fratramento, Foliação	
	Relevo	Declividade		
		Formas	Colina, Morro, Montanha, Serra, etc	
		Perfil da encosta	Côncavo, Convexo, Retilíneo	
		Talude	Natural, Corte	
		Aterro	Lançado, Compactado	
	Água	Drenagens naturais, Concentração de água de chuva, Vazamento na tubulação, Fossa, Servida, Surgência d'água		
	Vegetação	Natural	Mata, Árvores isoladas, Arbustiva, Rasteira,	
Modificada		Cultivo, Pastagem, Solo Exposto		
Estruturas Antrópicas Modificadoras do Terreno	Edificações	Moradias	Tipo de construção	Alvenaria, Madeira, Misto
			Tipo de edificação, Estágio e Densidade de ocupação	
	Equipamentos	Estações de Tratamento de Água, Barragens, Impermeabilização, etc.		
Depósitos antrópicos em talude	Terra, Entulho, Lixo			
Feições de Instabilidade e Indicadores de Movimentação	Muros e paredes embarrigados			
	Cercas, postes e árvores inclinados			
	Cicatrizes de escorregamento	Superfícies de ruptura, Degraus de abatimento, Massa mobilizada		
	Trincas	Em moradias, Em terrenos		
	Assoreamento			
Situações de Risco R = P.V. D	Tipos de Processo	Escorregamentos	Escorregamento de solo e/ou rocha, Escorregamento planares, rotacionais, em cunha, Rastejos, Queda, deslocamento e/ou rolamento de blocos rochosos, Corridas de Terra, Lama, Detritos	
			Erosão	Laminar, Linear, Sulco, Ravinas, Boçoroca, Solapamentos
		Inundações	Costeira, Gradual de rio, Rápida de rio, Enchente, Alagamento, Enxurrada	
	Tipos de Danos	Diretos	Perdas econômicas, Mortes, Perda de bens materiais, Perdas ambientais	
		Indiretos	Surtos de doenças	
	Grau de Vulnerabilidade	Baixo, Médio, Alto, Muito alto		
Medidas Mitigadoras	Estruturais	Contenção de taludes, Sistemas de drenagem, Reurbanização		
	Não Estruturais	Planos Contingência	Sirenes, Sinalização, Abrigo	

Figura 5. Quadro/Catálogo de fatores relacionados a acidentes e desastres, obtido a partir da análise de fichas de trabalhos de campo do Instituto Geológico, e que serviu de base para a modelagem conceitual da tabela do banco de dados georreferenciado de fotos. Linhas destacadas com cor laranja, em tonalidade mais clara, se referem aos fatores pré-selecionados para descrição das imagens no protótipo desenvolvido.

3.4 Seleção de uma amostragem de fotos para a elaboração de um protótipo de BD

A maior parte do acervo de documentos fotográficos do NGEA/IG já está em formato digital, organizada em pastas específicas relacionadas ao tipo de atividade ou projeto desenvolvido ao longo dos anos (Figura 6), e contempla imagens retratando diferentes aspectos relativos ao gerenciamento ou à ocorrência de desastres e situações de risco.

A seleção da amostragem que foi utilizada na pesquisa foi feita a partir de entrevistas com especialistas da equipe do NGEA/IG, de maneira a identificar uma quantidade razoável de fotogra-

fias que permitisse identificar os principais conceitos e tipos de processos perigosos relacionados ao tema do trabalho. Depois de selecionadas, as fotos foram duplicadas e codificadas, preservando as pastas (coleção) existentes, para evitar a alteração do acervo original.

Inicialmente foram selecionadas fotos de dois mapeamentos de áreas de risco realizados pelo IG nos municípios de Campos do Jordão (IG, 2014) e de Itaoca (IG, 2015). A escolha de duas áreas tinha o intuito de identificar possíveis variações de análise de fenômenos perigosos em regiões diferentes do estado de São Paulo.

Considerando-se o tempo do trabalho, a quantidade de fotos, e o objetivo principal do tra-

balho, de indicar um procedimento geral para a formulação do banco de dados, optou-se por trabalhar apenas com uma amostragem de 50 fotos do município de Itaoca, SP. Tal escolha levou em consideração o fato de que o mapeamento do município apresenta desastres típicos de grande parte do território brasileiro, contemplando fenômenos de inundações, enxurradas e solapamento

de margem de drenagens, deslizamentos e corridas de massa. Dessa forma constituiria uma boa amostragem para iniciar a pesquisa de estruturação do banco de dados.

A Figura 7 apresenta a localização do município de Itaoca no Estado de São Paulo e exemplos de fotografias utilizadas neste trabalho.

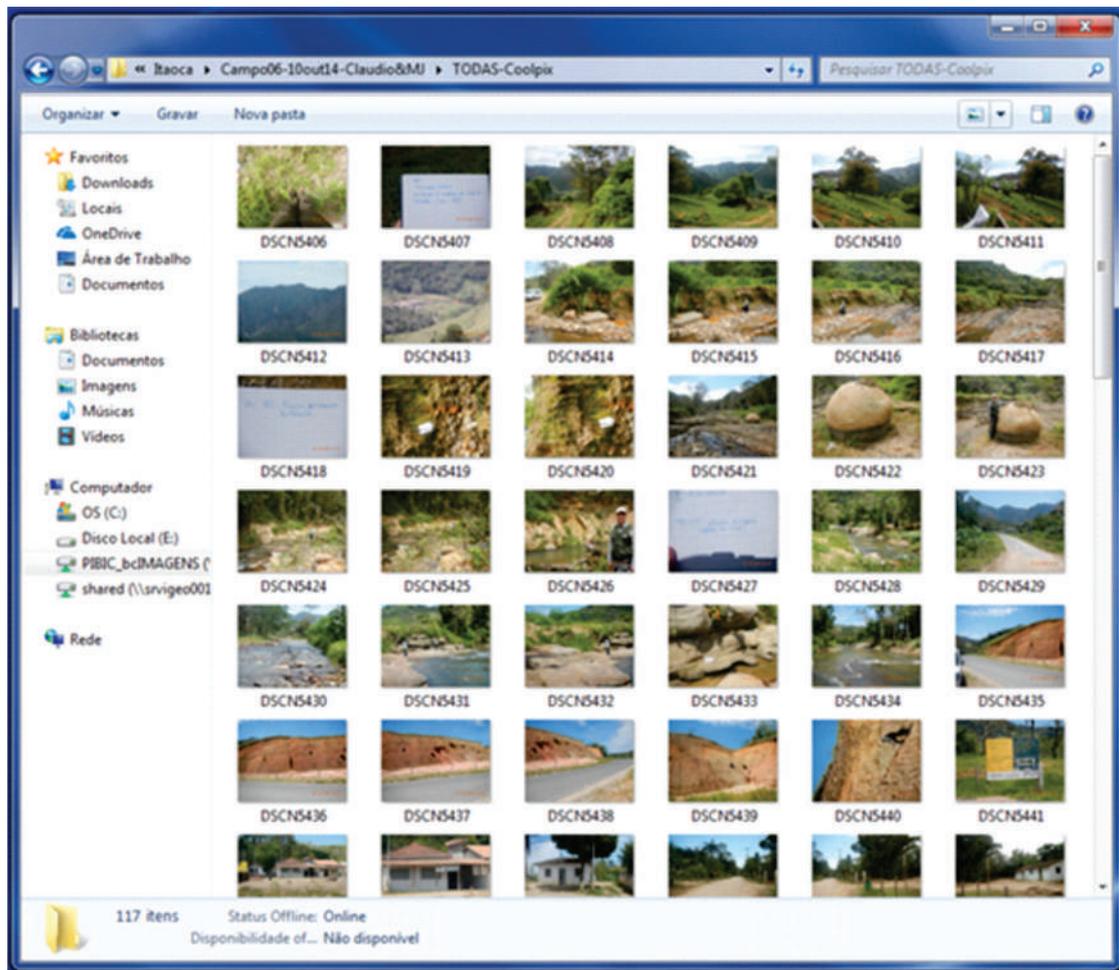


Figura 6. Exemplo da organização das imagens digitais do acervo do NGEA/IG, em pastas no ambiente Windows.

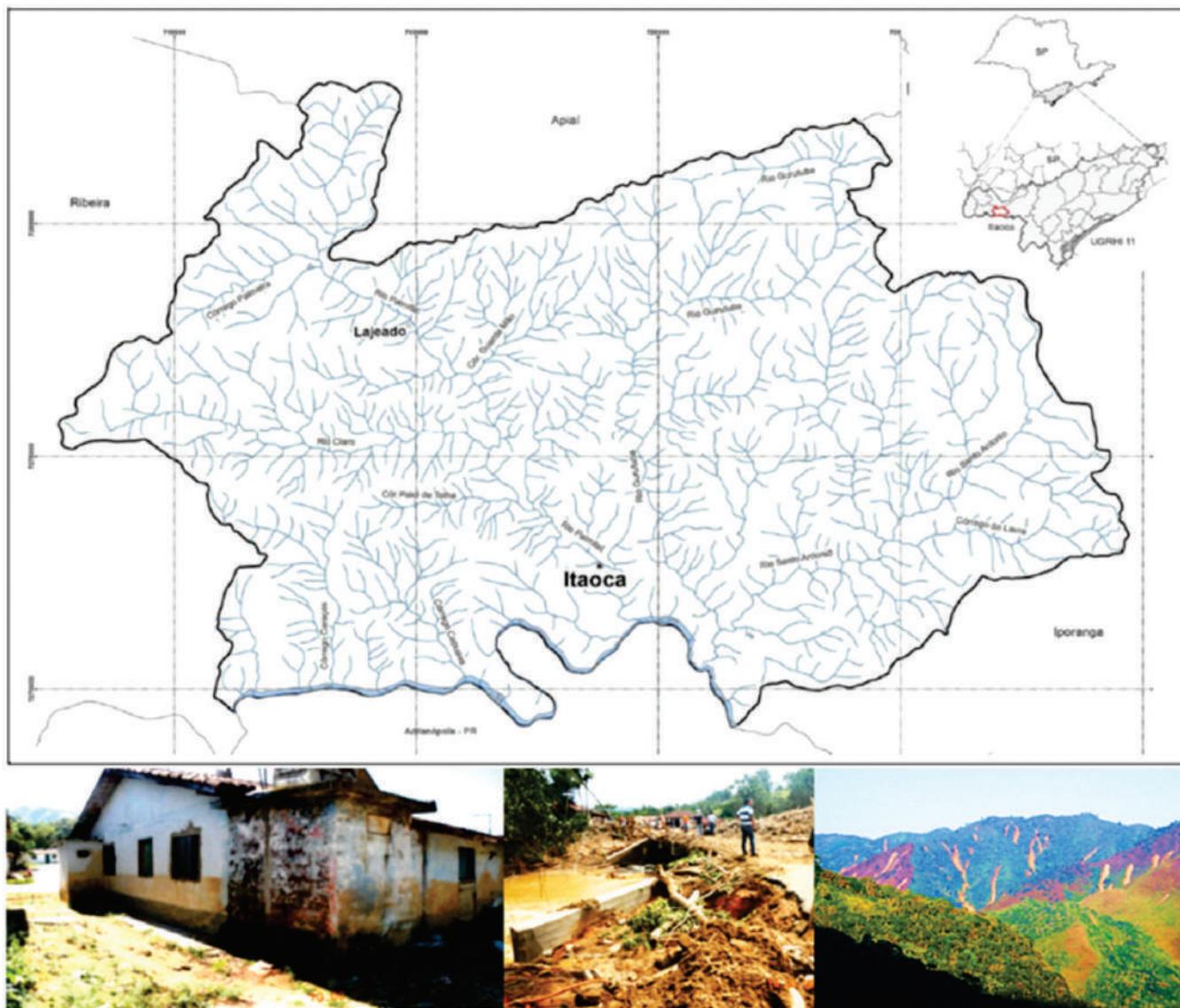


Figura 7. Localização do município de Itaoca (SP) e parte de fotografias utilizadas no trabalho, com algumas características associadas aos fenômenos de enxurradas e de escorregamentos, contempladas para a descrição e indexação no banco de dados.

3.5 Elaboração de um protótipo de BD

Esta etapa contemplou a definição e utilização de um ambiente de banco de dados associado a um Sistema de Informação Geográfica (SIG) para viabilizar o georreferenciamento das imagens. As imagens foram inseridas no sistema e vinculadas às tabelas de descrição dos documentos mencionados na etapa anterior. Para a montagem do banco de dados em formato geodatabase optou-se pela utilização da plataforma ArcGIS-ESRI. Este sistema foi escolhido por possibilitar a inserção de dados geográficos e a visualização de informações

referente às fotos, bem como a customização de procedimentos de entrada e consulta de dados.

O georreferenciamento foi feito a partir das informações de coordenadas geográficas (latitude e longitude) obtidas a partir dos próprios arquivos digitais das fotos. Observa-se que a maior parte das fotos foi obtida com máquinas fotográficas que possuíam sistema de GPS integrado, de maneira que as coordenadas eram registradas automaticamente nos arquivos digitais durante a aquisição das fotografias nos trabalhos de campo. As fotos que não possuíam as coordenadas geográficas armazenadas junto aos arquivos digitais,

possuíam localização nas fichas de campo, de tal maneira que essas informações puderam ser inseridas nos respectivos campos do banco de dados, além de permitirem o georreferenciamento das fotografias no sistema ArcGIS-ESRI.

Já a formatação da tabela de descrição das imagens foi feita no próprio ambiente da plataforma ArcGIS-ESRI e contemplou campos cadastrais e campos descritivos associados às palavras-chave selecionadas para a caracterização das fotografias. Além disso, foi possível se estabelecer dicionários de indexação de palavras-chave para cada campo de descrição. Tal fato é importante para evitar que possíveis responsáveis por indexação de fotografias, utilizem termos diferentes, ou mesmo que ocorram erros de digitação, que inviabilizem as consultas no banco de dados.

A partir da vinculação da fotografia georreferenciada à tabela, foi possível realizar a descrição das imagens no próprio ambiente de SIG.

Ressalta-se que para a estruturação da tabela de descrição no ambiente de SIG, foram definidas tabelas conceituais preliminares relacionadas aos elementos cadastrais das imagens e a cada um dos grupos de fatores de descrição relacionados a GRD.

Os aspectos cadastrais foram baseados em princípios de catalogação de documentos fotográficos discutidos em Albuquerque (2006), e que contemplam elementos e critérios voltados à organização e sistematização de documentos fotográficos nas áreas de biblioteconomia e arquivologia. Além de destacar aspectos relacionados às características físicas e documentais das fotografias, a autora indica que, em função do conteúdo representado na imagem e da possibilidade de

múltiplos significados interpretativos, a catalogação de documentos fotográficos deve contemplar, também, etapa de descrição sistemática de seus conteúdos.

Para a descrição dos conteúdos das fotografias no presente trabalho, utilizou-se como base o trabalho de Smit (2011), com adaptações de Oliveira (2013). Os procedimentos dos autores, utilizados normalmente em trabalhos arquivísticos, contempla a descrição da imagem tanto do ponto de vista genérico como específico, considerando quatro categorias, a saber: a) QUEM: o que aparece na foto, seres vivos, monumentos, etc.; b) ONDE: espaço geográfico ou espaço da imagem (casa, rua, etc.); c) QUANDO: tempo cronológico ou momento da imagem (dia, noite, etc.); d) COMO/O QUE: atitudes relacionadas ao objeto e as indicações de enquadramento. Essas quatro categorias descritivas definem a questão sobre “de que” é a imagem. Além disso, se indica a possibilidade de inserção de um campo com a descrição de síntese sobre qual é o significado geral da imagem em processo de indexação. Esse tipo de leitura da imagem foi contemplado e ajustado para balizar a identificação sistemática dos fatores que pudessem estar representados nas fotos.

Na indexação e descrição das fotos, além das informações técnicas sobre as imagens fotográficas, definiu-se também uma tabela modelo específica para a inserção de dados cadastrais e documentais das imagens, de forma a se preservar as coleções de origem e informações sobre o contexto e datas de aquisição das fotografias.

A Figura 8 mostra o modelo conceitual das tabelas no banco de dados.

MODELO CONCEITUAL PARA FORMATAÇÃO DA TABELA DO BANCO DE DADOS									
PARTE 1 – DADOS CATALOGRAFICOS (informações referentes à aquisição e ao contexto do documento fotográfico)									
ID	Coordenadas		Dados Cadastrais				Dados Técnicos		
	Fundo	Coleção	Pasta	Data	Técnico	Setor / Área de risco	Município	Descrição / Legenda Foto	
01									
02									
n									
PARTE 2 – INFORMAÇÕES TÉCNICAS (descrição dos conteúdos das imagens)									
Parte 2a – Informações Técnicas – CT (Características do Terreno)									
Relevo		Águas		Vegetação / Cobertura do Solo		Geologia			Solos e Sedimentos
Tipos e Formas	Perfil de Encosta			Natural	Modificada	Tipos de Rocha	Litologias	Estruturas	
Colinas	Retilíneo	Drenagens naturais		Mata	Cultivo	Ígnea	granito	foliação	tipo
Morrotes	Côncavo	Concentração água de chuva		Árvores isoladas	Pastagem	Metamórfica	gnaisse	fraturamento	textura
Morros	Convexo	Vazamento de tubulação		Arbustiva		Sedimentar	arenito	Favorável à movimentação	Estrutura
Montanha		Fossa		Rasteira			Outros		Espessura
Serra		Águas Servidas		Solo exposto				Desfavorável à movimentação	Permeabilidade
outros		Surgência d'água							Granulometria
Parte 2b – Informações Técnicas – EA (Estruturas Antrópicas)									
Edificações e Construções						Movimentações e Acúmulo de Materiais			
Moradias				Estruturas e Equipamentos		Terrenos e Depósitos antropogênicos			
Tipo de construção	Tipo de edificação	Estágio de ocupação	Densidade da ocupação						
Alvenaria				Barragens/ETAs		Depósitos de Terra		Talude de Corte	
Madeira				Aeroporto/Rodovias		Entulho		Aterro Lançado	
Misto				Pontes/Parques Urbano		Lixo		Aterro Compactado	
				Cemitério/Outros		Impermeabilização		Área de empréstimo	
Parte 2c – Informações Técnicas – FI (Feições de Instabilidade e Indicadores de Movimentação)									
Feições de Instabilidade e Indicadores de Movimentação									
Muros e paredes embarrigados						Trincas em moradias			
Cercas, postes e árvores inclinadas						Trincas no terreno			
Cicatrizes de escorregamento						Assoreamento			
Degraus de abatimento						Outros			
Parte 2d – Informações Técnicas – AR (Avaliação de Riscos)									
Processos Perigosos (Tipos de Processo)				Tipos de Danos		Vulnerabilidade			
Escorregamentos (solo, rochas, etc)	Erosão	Inundações	Diretos	Indiretos	Grau de Vulnerabilidade	Resiliência	Indicadores		
Quedas, rolamento, deslocamento	Laminar	Inundação costeira	Perdas econômicas	Surto de Doenças	Baixo	Alta	escolaridade		
Corridas	Linear	Inundação gradual de rio	Perda de bens materiais	Violência	Médio	Média	renda		
Planar	Sulco	Inundação rápida de rio	Danos ambientais		Alto	Baixa	saneamento básico		
Rotacional	Ravinas	Enchente	Mortes		Muito alto				
Em cunha	Boçoroca	Alagamento							
Rastejo	Solapamento	Enxurrada							
Parte 2e – Informações Técnicas – MM (Medidas Mitigadoras)									
Estruturais		Não estruturais				Planos emergenciais			
		Deslocamentos							
Contenção de taludes		Realocação – Remoção definitiva				Sirenes			
Sistemas de drenagem		Remoção temporária				Sinalização			
Reurbanização		Resgate				Abrigo			
Piscinão		Vistorias				Ponto de Encontro			

Figura 8. Modelo conceitual estruturado para a formatação da tabela de catalogação, indexação e descrição das imagens no banco de dados. Campos destacados na cor laranja em tonalidade mais clara foram utilizados como palavras-chaves no trabalho.

3.6 Elaboração de um módulo preliminar customizado para testes de consulta

Após a finalização da entrada de dados no banco, com a descrição das fotos selecionadas no próprio ambiente do sistema ArcGIS-ESRI, foram elaborados formulários de consulta com base nas palavras-chave. Tais formulários foram disponibilizados em um ambiente de visualização de-

envolvido em aplicação web (ArcGIS Online), o qual possibilita resgatar dados e associá-los ainda a outros tipos de informações georreferenciadas que possuam correlação espacial com o item pesquisado. Dessa forma, além de localizar imagens com as características indicadas nos formulários de consulta, o sistema permite associá-las às unidades de mapeamento ou fichas de descrição de pontos de campo onde foram obtidas, bem como

acessar o relatório do projeto original, entre outras possibilidades.

Esse módulo de consulta foi desenvolvido em caráter preliminar para possibilitar testes voltados à identificação de potencialidades e refinamentos que possam ser incorporados na estruturação final do banco de dados de imagens, que irá compor a plataforma e ambiente tecnológico de GRD do IG, em fase de desenvolvimento quando da realização do presente trabalho.

4 RESULTADOS

A partir dos procedimentos descritos nos itens anteriores, foi obtido um banco de dados de imagens fotográficas relacionados ao mapeamento de risco do município de Itaoca (SP). Esse banco de dados é constituído por um conjunto de 50 fotografias as quais foram indexadas e descritas com base no catálogo de palavras-chave.

Para facilitar a utilização do banco de dados tanto na inclusão de informações como na consulta das imagens, foi desenvolvido um aplicativo que contempla dois módulos principais: um voltado à inclusão de informações; e outro relacionado às consultas. Tal aplicativo constitui uma customização dos procedimentos baseados na própria plataforma do sistema escolhido (ArcGIS-ESRI).

A Figura 9 apresenta uma visão geral do ambiente do banco de dados. A Figura 10 apresenta o ambiente de entrada de dados relacionados com a descrição das fotografias, onde se pode ver

a tabela vinculada às imagens e os aspectos considerados na descrição e indexação de cada foto. A Figura 11 mostra um detalhe da tabela de descrição, onde se pode observar um dos dicionários construídos para a classificação das imagens segundo palavras-chave.

Em relação ao ambiente de consulta, foi definido um mecanismo de identificação de palavras-chave relacionadas a cada conjunto de atributos usados para descrição das fotos. A partir da seleção de uma determinada palavra-chave, é possível identificar quais imagens possuem aquela característica e sua localização espacial (Figura 12).

Além disso, ao se selecionar uma das imagens resultantes da consulta, é possível se acessar as demais características presentes na imagem, se existirem, bem como de se obter informações cadastrais da mesma, incluindo relatórios técnicos e fichas de campo (Figura 13). A janela de consulta permite ainda realizar uma breve visualização da foto em miniatura, além de apresentar link para acesso ao arquivo digital original e com a resolução apropriada, conforme pode ser visto também na Figura 12. Outras funcionalidades associadas ao módulo de consulta estão disponíveis como, por exemplo, a possibilidade de definir diferentes tipos de mapa base para a visualização espacial dos pontos ou polígonos associados às imagens (Figura 9), e a vinculação da consulta e localização das fotografias às áreas e setores de riscos obtidos durante o mapeamento do município de Itaoca (Figura 14).



Figura 9. Aspecto geral do ambiente de banco de dados, que oferece a possibilidade de opção de diferentes mapas base (janela no canto superior direito). Os pontos vermelhos indicam seleção de imagens relacionadas ao fenômeno de inundação.

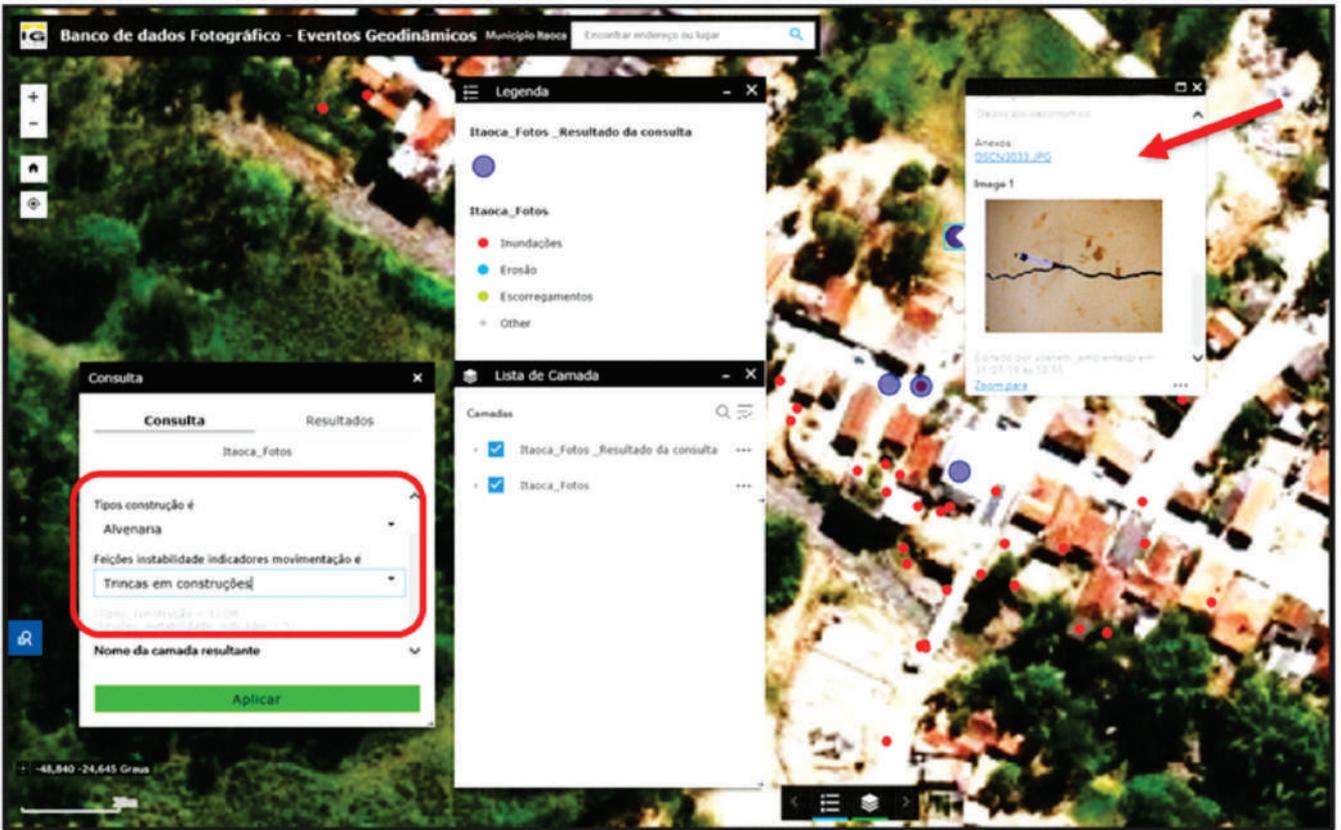


Figura 12. Exemplo de consulta no banco de dados a partir das palavras-chave. No polígono destacado em vermelho observa-se consulta relacionada a tipo de construção (alvenaria) e a feição de instabilidade (trinca em construção). Os círculos roxos indicam a localização das imagens selecionadas a partir da consulta. A seta vermelha apresenta janela de visualização da miniatura de uma das imagens e link para acesso a imagem em alta resolução.

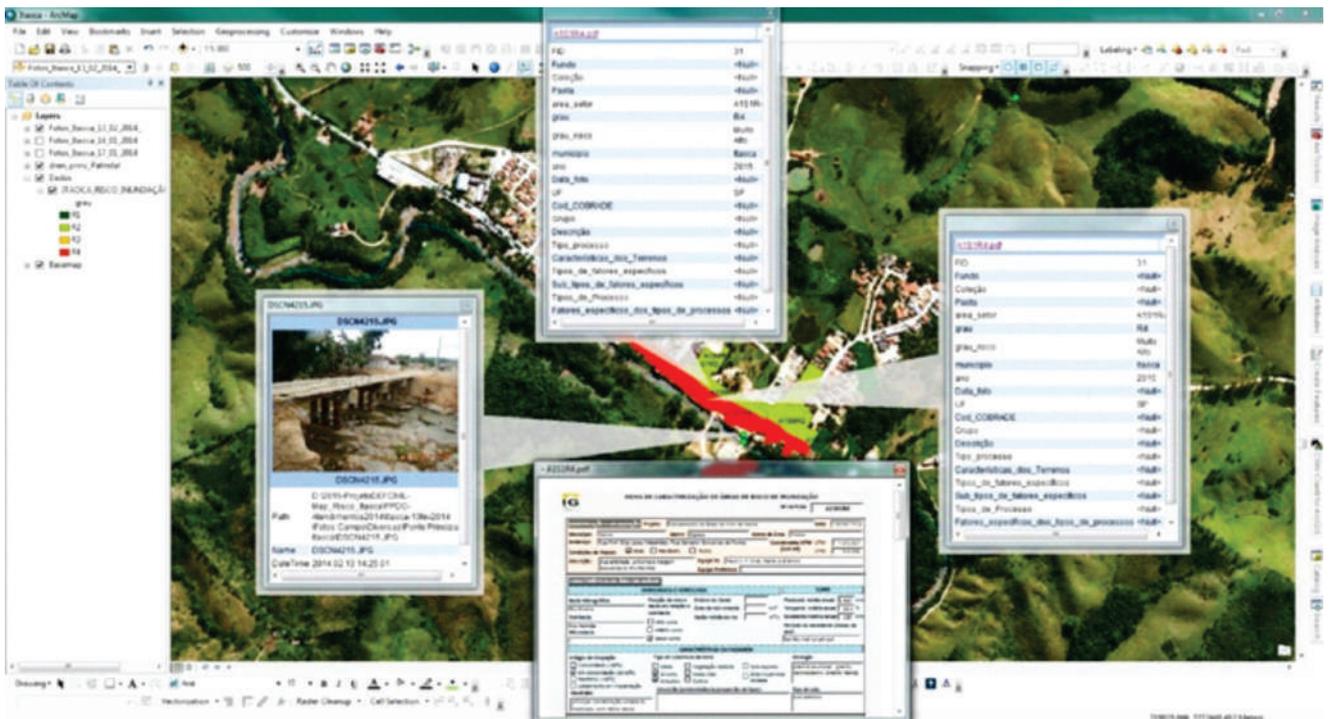


Figura 13. Exemplo de consulta espacial resultando nas informações das descrições das fotografias no banco de imagens e anexos (tabelas, ficha e foto) associados.

sastres naturais do NGEA/IG, e que a pesquisa realizada constitui um modelo inicial de desenvolvimento desse banco, o qual, a partir de seu aperfeiçoamento e complementação, será de grande importância para as atividades técnicas sobre o assunto. Será importante também para a realização de atividades de divulgação e educação sobre o tema junto à sociedade.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à Escola Estadual Maestro Fabiano Lozano e ao Instituto Geológico (IG) pela pareceria que proporcionou o desenvolvimento da presente pesquisa (projeto nº 800764/2018). Agradecem ainda ao CNPq pela oportunidade da bolsa do Programa Institucional de Bolsas de Iniciação Científica - Categoria: Iniciação Científica Júnior (ICJ) - Modalidade Ensino Médio (PIBIC-IG-EM). (Processo nº 167562/2018-5).

REFERÊNCIAS

Albuquerque, A.C. 2006. Catalogação e descrição de documentos fotográficos em bibliotecas e arquivos: uma aproximação comparativa dos códigos AACR2 e ISAD (G). Dissertação (Mestrado) - Faculdade de Filosofia e Ciências, Universidade Estadual Paulista - UNESP, Marília, 2006. 188p.

Below, R.; Wirtz, A.; Guha-Sapir, D., 2009. Disaster category classification and peril terminology for operational purposes. Common Accord Centre for Research on the Epidemiology of Disasters (CRED) and Munich Reinsurance Company (Munich RE). Working paper 264, Catholic University of Louvain - Centre for Research on the Epidemiology of Disasters. Disponível em: http://cred.be/sites/default/files/DisCatClass_264.pdf

BRASIL. 2007. Política Nacional de Defesa Civil. Brasília, 2007, Ministério da Integração Nacional, Secretaria Nacional de Defesa Civil. 82p. Disponível em: <https://antigo.mdr.gov.br/images/stories/ArquivosDefesaCivil/ArquivosPDF/publicacoes/pndc.pdf>

BRASIL. 2012. Procedimentos e critérios para a decretação de situação de emergência ou estado de calamidade pública pelos Municípios, Estados e pelo Distrito Federal, e para o reconhecimento federal das situações de anormalidade decretadas pelos entes federativos e outras providências. Instrução Normativa N° 1, (Ministério da Integração Nacional), Brasília, Diário Oficial da União, 169, Seção I, p. 30 - 39, de 24 de agosto de 2012.

Brollo, MAJ; Ferreira, CJ; Tominaga, LK; Vedovel-lo, R; Fernandes da Silva, PC; Andrade, E; Guedes, ACM. 2011. Situação dos desastres e riscos no estado de São Paulo e instrumentos de gerenciamento. In: ABGE, Congresso Brasileiro de Geologia de Engenharia e Ambiental, 13, São Paulo-PR, 2 a 6 de novembro de 2011, Anais, CD-ROM.

Brollo, M.J. & Tominaga, L.K. 2012. Desastres Naturais e Riscos Geológicos no Estado de São Paulo: Cenário de Referência - 2012. Boletim N° 1 - Grupo de Articulação de Ações Executivas (GAAE) - Programa Estadual de Prevenção de Desastres Naturais e de Redução de Riscos Geológicos / Organizadores: Maria José Brollo, Lídia Keiko Tominaga - 1ª ed. - São Paulo : Coordenadoria Estadual de Defesa Civil, 2012. 100p.: il.; color. Disponível em: <http://www.defesacivil.sp.gov.br>

Brollo, M.J.; Ferreira, C.J. 2016. Gestão de riscos de desastres no Estado de São Paulo: Cenário 2000-2015. Boletim do Instituto Geológico nº 67. São Paulo: IG / SMA, 2016. 72p. ISBN 0100-431X. Disponível em: http://igeologico.sp.gov.br/files/2016/10/boletim_IG_vol_67.pdf

Cardona, O.D.; Van Aalst, M.K.; Birkmann, J.; Fordham, M.; McGregor, G.; Perez, R.; Pulwarty, R.S.; Schipper, E.L.F.; Sinh. B.T. 2012: Determinants of risk: exposure and vulnerability. In: Managing the Risks of Extreme Events and Disasters to Advance Climate Change Adaptation [Field, C.B., V. Barros, T.F. Stocker, D. Qin, D.J. Dokken, K.L. Ebi, M.D. Mastrandrea, K.J. Mach, G.-K. Plattner, S.K. Allen, M. Tignor, and P.M. Midgley (eds.)]. A Special Report of Working Groups I and II of the Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC). Cambridge University Press, Cambridge, UK, and New York, NY, USA, pp. 65-108.

Ferreira, C.J., 2012. Gestão de riscos e desastres (relacionados a perigos) naturais. In: Gonçalves Jr., A. et al. [Org.]. 2012. ZEE zoneamento ecológico-econômico: base para o desenvolvimento sustentável do estado de São Paulo: seminário 12 a 14 de dezembro de 2011 [recurso eletrônico]. p. 159-168. ISBN Disponível em: http://www.ambiente.sp.gov.br/wp/cpla/files/2011/05/Seminario_ZEE_web.pdf.

Ferreira, C.J.; Rossini-Penteado, D. 2011. Mapeamento de risco a escorregamento e inundação por meio da abordagem quantitativa da paisagem em escala regional. In: Congresso Brasileiro de Geologia de Engenharia e Ambiental, 13, São Paulo-SP. Anais... São Paulo: ABGE, 2011.

Ferreira, C.J.; Rossini-Penteado, D.; Guedes, A.C.M. 2013. O uso de sistemas de informações geográficas na análise e mapeamento de risco a eventos geodinâmicos. In: LOMBARDO, M.A. & FREITAS, M.I.C (org.): Riscos e Vulnerabilidades: Teoria e prática no contexto Luso-Brasileiro. Cultura Acadêmica - Editora UNESP, São Paulo, 155-188, 2013.

IG - INSTITUTO GEOLÓGICO. 2014. Mapeamento de riscos associados a escorregamentos, inundações, erosão e solapamento de margens de drenagens - Município de Campos do Jordão, SP. São Paulo: Instituto Geológico, Secretaria do Meio Ambiente do Estado de São Paulo. Relatório Técnico, 2014. 3 vols. ISBN 978-85-87235-21-3. Boletim do Instituto Geológico nº 63. ISSN 0100-431X. Disponível em: <http://igeologico.sp.gov.br/gestao-de-risco-de-desastres/mapeamento-deareas-de-risco-de-municipios/>

IG - INSTITUTO GEOLÓGICO. 2015. Mapeamento de riscos associados a escorregamentos, inundações e corridas de massa - Município de Itaoca, SP. São Paulo: Instituto Geológico, Secretaria do Meio Ambiente do Estado de São Paulo. Relatório Técnico, 2015. 3 volumes. Boletim do Instituto Geológico nº 64. ISSN

0100-431X. Disponível em: http://www.sidec.sp.gov.br/producao/map_risco/pesqpdf3.php?id=41720

IG - INSTITUTO GEOLÓGICO. 2017. Cadastro georreferenciado de eventos geodinâmicos: 50 municípios da região metropolitana de São Paulo, Baixada Santista e Litoral Norte. Projeto Transporte Sustentável de São Paulo (P127723). Instituto Geológico, São Paulo, 2017. Disponível em: https://www.infraestruturameioambiente.sp.gov.br/wp-content/uploads/sites/233/2017/12/Cad_Desastres_Nota_Explicativa.pdf

IRDR - INTEGRATED RESEARCH ON DISASTER RISK. 2014. Peril Classification and Hazard Glossary (IRDR DATA. Publication No. 1). Beijing: Integrated Research on Disaster Risk. 28p. Disponível em: https://www.irdrinternational.org/uploads/files/2020/08/2h6G5J59fs7nFgoj2zt7hNAQgLCgL55evtT8jBNi/IRDR_DATA-Project-Report-No.-1.pdf

Maciel, L.V.; Vedovello, R., Ribeiro, S.R. 2019. Aplicação de critérios descritivos de documentos fotográficos, para organização e inserção de imagens de desastres naturais e de eventos geodinâmicos em bancos de dados. In: Instituto Geológico (IG), Seminário de Iniciação Científica PIBIC-IG, 9, São Paulo, 2019. Caderno de resumos, São Paulo, IG, 2019. 47 p.: (versão on-line) ISSN: 2525-7722. p. 21-26.

Nunes, R.G.S.; Ferreira, C.J. 2015; Cadastro de desastres e eventos geodinâmicos no Estado de São Paulo no período de 2010-2015. GEOSUDESTE 2015, Campos do Jordão (SP)-Out/ 2016. p. 1-5. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/283422322_Cadastro_de_desastres_e_eventos_geodinamicos_no_estado_de_Sao_Paulo_no_periodo_2010-2015 Acesso em: 15 jul. 2016.

Oliveira, P.L.R. de, 2013. Catalogação de documentos fotográficos: uma análise normativa. Monografia (Curso de Graduação em Biblioteconomia), Universidade de Brasília, Faculdade de Ciência da Informação, Brasília, 2013. 115p. PROIN/CAPES e UNESP/IGCE. 1999. Material Didático: arquivos de transparências (CD). Rio Claro: Departamento de Geologia Aplicada, 1999. Disponível em: <http://www.rc.unesp.br/igce/aplicada/ead/index.html>

- Rossini-Penteado, D.; Giberti, P. P. C. 2008. Uso e ocupação do solo urbano – Abordagem na escala 1:50.000. In: Ferreira, C.J. (coord.). 2008. Diretrizes para a regeneração socioambiental de áreas degradadas por mineração de saibro (caixas de empréstimo), Ubatuba, SP. Relatório Técnico 4, FAPESP (proc. FAPESP 03/07182-5), Relatório Técnico, 2008.
- SÃO PAULO, Estado. 2016. Sistema de classificação Unidades Homogêneas de Cobertura da Terra e do Uso e Padrão da Ocupação Urbana (UHCT) e mapeamento da vulnerabilidade de áreas urbanas de uso residencial / comercial / serviços a eventos geodinâmicos do estado de São Paulo. Instituto Geológico; Coordenadoria de Planejamento Ambiental / Secretaria do Meio Ambiente do Estado de São Paulo, 2016. Ficha Técnica, arquivos digitais formatos pdf e shapefile.
- Smit, J. 2011. Análise documentária de documentos fotográficos. In: SILVA, F.C.C. da; SALES, R. de (Org.). Cenários da organização do conhecimento: linguagens documentárias em cena. Brasília: Thesaurus, 2011. p. 265- 286.
- Tominaga, L.K. 2009. Desastres naturais: por que ocorrem? In: TOMINAGA, L.K.; SANTORO, J.; AMARAL, R. (organizadores). Desastres Naturais: Conhecer para prevenir. Instituto Geológico (IG), São Paulo: Imprensa Oficial do Estado de São Paulo, 2009.
- Tominaga, L.K.; Santoro, J.; Amaral, R. (organizadores). 2009. Desastres Naturais: Conhecer para prevenir. São Paulo: Imprensa Oficial do Estado de São Paulo, 2009.
- UNISDR - UNITED NATIONS INTERNATIONAL STRATEGY FOR DISASTER REDUCTION. 2015. Sendai Framework for Disaster Risk Reduction 2015-2030. Sendai: UNISDR. 32p. Disponível em: https://www.preventionweb.net/files/43291_spanishsendaiframeworkfordisasterri.pdf
- Vedovello R. 2000. Zoneamentos geotécnicos aplicados à gestão ambiental, a partir de unidades básicas de compartimentação – UBCs. Tese de Doutorado. Instituto de Geociências e Ciências Exatas - IGCE, Universidade Estadual Paulista - UNESP, Rio Claro, SP. 154p.
- Vedovello, R., Riedel, P., Brollo, M.J., Hamburger, D.S., Camargo, A.A.X. 2002. Modelagem e arquitetura de um sistema gerenciador de informações geoambientais (SGIG) como produto de avaliações geológico-geotécnicas. In: ABGE, Congresso Brasileiro de Geologia de Engenharia e Ambiental, 10, Ouro Preto, 2002. Anais, São Paulo: ABGE, 2002. CD-ROM.

MONITORAMENTO E AVALIAÇÃO HIDROGEOLÓGICA E DA SUSCEPTIBILIDADE DE DESENVOLVIMENTO DE PROCESSOS INSTABILIZATÓRIOS EM DECORRÊNCIA DA FORMAÇÃO DE RESERVATÓRIOS DE USINAS HIDRELÉTRICAS

*HYDROGEOLOGIC MONITORING AND ASSESSMENT OF INSTABILIZATORY PROCESSES
DUE TO THE FORMATION OF HYDROPOWER RESERVOIRS*

MARCIO DA ROSA MAGALHÃES BESSA

*Centrais Elétricas do Norte do Brasil - Eletrobras Eletronorte e Programa de
Pós-Graduação em Geociências Aplicadas e Geodinâmica, Universidade de Brasília. m_bessa@hotmail.com*

JOSÉ ELOI GUIMARÃES CAMPOS

Instituto de Geociências, Universidade de Brasília. eloi@unb.br

RESUMO ABSTRACT

Quando o nível freático de aquíferos rasos se eleva em função da formação do reservatório de uma usina hidrelétrica, podem ocorrer processos instabilizatórios relacionados a solos colapsáveis. Esse fato tem impactado áreas urbanas e rurais adjacentes a corpos d'água artificiais, em diferentes regiões do Brasil, como, por exemplo, Pereira Barreto, SP, Terra Roxa, PR e Porto Nacional, TO. A patologia geotécnica em razão da colapsividade dos solos e elevação artificial dos níveis freáticos é um caso em que ferramentas estratégicas e metodologias específicas podem auxiliar com dados, informações e análises nas etapas de projeto e implantação de usinas hidrelétricas, bem como nos relatórios de impactos ambientais. Este trabalho propõe um sistema cíclico para monitoramento e avaliação de empreendimentos de geração hidrelétrica que requerem a formação de reservatórios artificiais. Dentre os elementos considerados destacam-se: a definição de informações necessárias, a coleta adequada de dados, a análise dos dados e a utilização apropriada da informação. Mais especificamente para o monitoramento de processos instabilizatórios e aspectos hidrogeológicos em áreas marginais de reservatórios de hidrelétricas algumas variáveis são fundamentais, incluindo: a declividade na orla do reservatório, os tipos de ma-

When the groundwater level of shallow aquifers increases by the formation of a hydroelectric plant reservoir, it may occur instabilizatory processes related to collapsible soils. This fact has impacted urban and rural areas adjacent to artificial water bodies, in different regions of Brazil, such as Pereira Barreto, São Paulo State, Terra Roxa, Paraná State and Porto Nacional, Tocantins State. Geotechnical pathology due to soil collapse and artificial elevation of groundwater levels is a case in which specific strategic tools and methodologies can assist with data, information and analysis the stages of design and implementation of hydroelectric plants, as well as in the environmental impact reports. This work proposes a cyclical system for monitoring and evaluating hydroelectric generation projects that require the formation of artificial reservoirs. Among the elements considered there are: the definition of necessary information, adequate data collection, data analysis and appropriate use of information. More specifically for the monitoring of instabilizatory processes and hydrogeological aspects in marginal areas of hydroelectric reservoirs some variables are fundamental, including: the slope on the edge of the reservoir, the types of materials that make up the aquifer and the rate of elevation of the

teriais que compõem o aquífero e a taxa de elevação do nível freático. O sistema cíclico de monitoramento e avaliação concebido pode ser aplicado com retorno em diferentes fases, desde que os técnicos envolvidos considerem a necessidade da obtenção de novos dados, ou retorno às análises dos dados com mudança de estratégias ou métodos. O objetivo final do sistema de monitoramento proposto é a gestão territorial e dos recursos hídricos subterrâneos, visando à mitigação de impactos e o ordenamento da ocupação das áreas marginais aos reservatórios.

Palavras-chave: Usina hidrelétrica, monitoramento, hidrogeologia, engenharia geotécnica.

1 INTRODUÇÃO

A susceptibilidade ao desenvolvimento de processos instabilizatórios relacionados aos solos é potencializada quando os sistemas são afetados pela elevação artificial do nível freático devido à formação de reservatórios de Usinas Hidrelétricas.

Esse processo de ascensão do nível freático no solo se deve à percolação das águas do reservatório em direção ao aquífero e é uma das mais importantes modificações que impactam as regiões adjacentes ao corpo d'água seja pela formação de novos aquíferos ou pela elevação do lençol freático existente (Albuquerque *et al.*, 2004; Rodrigues & Vilar, 2013; Campos *et al.*, 2019).

Como consequência da elevação da umidade, solos com estrutura metaestável e com baixo peso específico podem ser submetidos a processos instabilizatórios. Estes processos são decorrentes do aumento de volume por saturação e posterior redução por secagem nas porções do perfil que anteriormente não estavam em condição de saturação permanente (Vilar & Ferreira 2015). Desta forma há possibilidade de ocorrência de patologias geotécnicas nas fundações das edificações previamente existentes nas áreas submetidas à elevação do nível freático, que após a formação dos reservatórios tenderá a permanecer em nível mais alto. As interferências nas fundações causadas pela elevação dos níveis podem culminar no desenvolvimento de patologias na superestrutura.

Edificações da cidade de Pereira Barreto, SP, por exemplo, apresentaram patologias geotécnicas em razão da colapsividade dos solos que foi

groundwater level. The cyclic system of monitoring and evaluation designed can be applied with return in different phases, since the technicians involved consider the need to obtain new data, or return to data analysis with changing strategies or methods. The ultimate objective of the proposed monitoring system is the management of territorial and groundwater resources, aiming at mitigating impacts and planning the occupation of marginal areas to reservoirs.

Keywords: Hydroelectric Power Plant, monitoring, hydrogeology, geotechnical engineering.

ampliada em função da elevação do lençol freático causado pelas águas do reservatório da Usina Hidrelétrica Três Irmãos (Vilar & Ferreira 2015). Por outro lado, a identificação da causa deste impacto é decisiva para os processos e iniciativas de mitigação, pois podem ser causas relacionadas ou não à elevação do nível freático. Neste sentido, pode-se citar o caso de patologias geotécnicas desenvolvidas nas áreas urbanas de Paranã, TO e São Salvador do Tocantins, TO em que as trincas e rachaduras não apresentavam relação de causa-efeito com a elevação do nível d'água vinculado ao Aproveitamento Hidrelétrico Peixe Angical (CDT/UnB 2008a).

A Figura 1 mostra exemplos de patologias geotécnicas associadas e não associadas à elevação do nível freático, sendo importante destacar que a geometria das estruturas é muito similar independentemente do seu fator desencadeante ou processo genético.

Campos *et al.* (2019) chamam atenção para os casos em que diferentes tipos de patologias são observados em edificações em cidades situadas no sul do estado do Tocantins antes do início da formação dos reservatórios naquela região. Os autores concluem que estes problemas são decorrentes das próprias características das edificações existentes no local, construídas sem a devida atenção na investigação do subsolo ou mesmo ausência de projeto e possibilidades de problemas na execução ou escolha de materiais. Interessante destacar que na região é comum a construção de pequenas residências com uso de adobe sobre um baldrame de pedra.

Em outros locais há clara relação de causa-efeito entre as patologias e a presença de solos colapsíveis. Com a elevação do nível freático há saturação dos solos que submetidos à carga axial

das edificações existentes colapsam, causando o recalque das fundações e o desenvolvimento de trincas e rachaduras na porção superior das edificações.



(a)



(b)



(c)



(d)

Figura 1. a) e b): Patologias geotécnicas em residências em áreas afetadas pela UHE Peixe Angical/TO não vinculadas à sobrelevação do NF (CDT/UnB, 2008a); c) e d): patologias em edificações em Pereira Barreto, SP causadas pela elevação do nível do lençol freático (Vilar & Rodrigues, 2011).

Outras características dos solos e propriedades da zona não saturada dos aquíferos freáticos que podem influenciar no desenvolvimento de patologias, incluindo a elevação por capilaridade (principalmente em solos de textura argilosa a muito argilosa), são a plasticidade (em solos ricos em argilominerais) e a estabilidade das estruturas (principalmente granular e grumosa).

Além das edificações (residências e prédios comerciais) estes problemas são também observados em sistemas de abastecimento de água, galerias de esgotos, redes de eletrificação e telefonia, pavimentos de ruas e pátios de estacionamentos (Leite, 2005).

Também pode haver impactos para a instalação futura de infraestruturas urbanas e rurais,

que podem ter seus custos ampliados em locais que sofreram sobrelevação dos níveis dos aquíferos freáticos.

Somado aos impactos de caráter geotécnico, ainda há a possibilidade de aumento do risco de contaminação das águas freáticas, como observado nos cemitérios de Babaçulândia/TO e de Carolina/MA, em que a mitigação do problema é complexa ou tecnicamente inviável.

É relevante, portanto, que as avaliações, diagnósticos e projeções dos impactos potenciais sejam incluídas nos estudos e projetos e nos relatórios de impactos ambientais nas diversas etapas de implantação de uma UHE.

Os impactos induzidos no lençol freático podem se manifestar por um longo tempo até atingir a estabilização causando interferências nos usos da água e do solo. Os conflitos potenciais entre diferentes grupos da sociedade demandam o uso de uma estratégia para garantir a proteção das águas na interface da geração hidroenergética e degradação do meio ambiente (Siqueira & Santos, 2021). Dentro desse contexto é importante que não haja restrições na integração e alinhamentos entre órgãos responsáveis pelo empreendimento barragem-reservatório dos setores hidroenergético e do meio ambiente. Portanto, é imperativo que se estabeleça uma estratégia metodológica, pois caso contrário todos os recursos envolvidos, incluindo, projetos, equipamentos, instalações, viagens de campo, dentre outros, não serão aplicados da forma mais adequada.

Este trabalho compreende a apresentação de uma proposta de estratégia metodológica de um Ciclo de Monitoramento e Avaliação em Hidrogeologia desde a construção da informação até a sua utilização final, de forma a se possibilitar a mitigação dos impactos da formação do reservatório artificial aos aquíferos e aos ambientes associados.

Desde já, destaca-se entre as inúmeras vantagens, que essa estratégia metodológica promove o fortalecimento da geração de dados e informações, e sua aplicação. Deve-se também enfatizar a possibilidade da tradução dos objetivos da gestão de recursos hidrogeológicos em variáveis técnicas, o que tem sido considerado como um aspecto frágil nas discussões sobre este tema (UN/ECE, 2006).

2 CONTEXTUALIZAÇÃO DO PROBLEMA

O aumento da susceptibilidade de desenvolvimento de processos instabilizatórios tratado neste trabalho resulta em patologias geotécnicas como: recalques, abaulamento de vigas e pisos, fissuras, rachaduras e trincas em edificações (Figuras 2 e 3) e são os principais problemas constatados em residências em áreas urbanas e rurais que passaram a ter influência da elevação artificial do nível freático. Esses problemas poderão ser um alerta para situações perigosas comprometendo a estabilidade, durabilidade e segurança das edificações e, naturalmente, com consequências na qualidade de vida das pessoas.

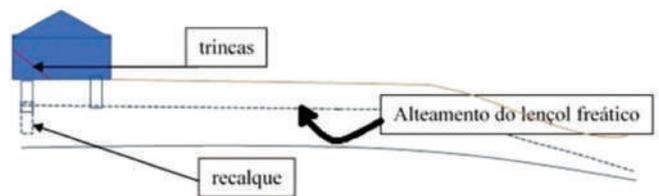


Figura 2. Ilustração esquemática da relação de causa-efeito vinculada à elevação do lençol freático. Neste caso a fundação que originalmente foi instalada na zona não saturada, passa a saturação permanente o que pode causar danos à estrutura da edificação.

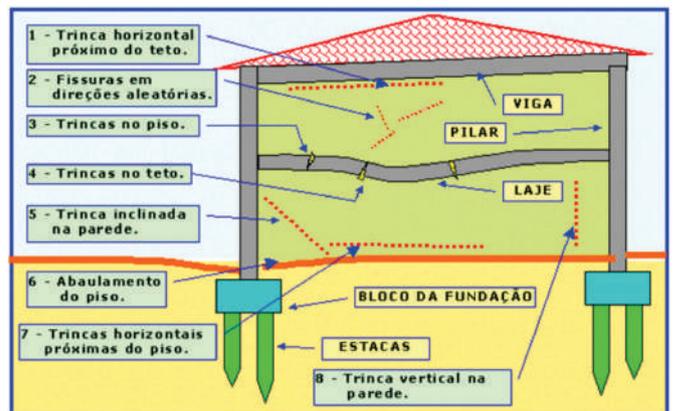


Figura 3. Exemplos de patologias geotécnicas que podem ser desenvolvidas em função da elevação artificial do nível freático de aquíferos rasos devido à formação de reservatórios artificiais.

Manzoli Júnior (1995, *apud* Albuquerque, 2002) realizou estudos no município de Pereira Barreto, SP, na margem do reservatório da Usina Hidrelétrica de Três Irmãos. O autor apresentou um trabalho em que se identificou correlação entre o enchimento do reservatório, a elevação in-

duzida do lençol freático e o desenvolvimento de recalques em edificações situadas na área de risco delimitada pela Companhia Energética de São Paulo - CESP (Figura 4).

Devido à complexidade do novo ambiente subterrâneo estabelecido, algumas características

devem ser levantadas, compreendidas e acompanhadas. Um projeto de monitoramento e avaliação hidrogeológico surge como caminho para o enfrentamento desse problema para solucionar ou minimizar os possíveis e prováveis impactos negativos.

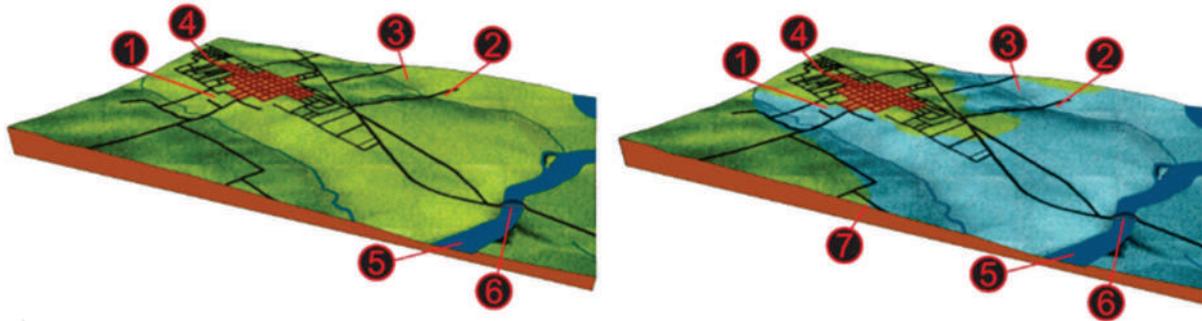


Figura 4. Cidade Pereira Barreto/SP antes e após represamento, 1 - cemitério; 2 - Matadouro municipal; 3 - Fazenda Dr. Aurázil de Campos; 4 - Cidade; 5 - Rio Tietê; 6 - Ponte Novo Oriente (atualmente submersa); e 7 - Nível atual do nível d'água (Bruno, 2019).

Para destacar a importância desse projeto em lidar com esses problemas, e proporcionar segurança na elaboração do diagnóstico, cita-se o estudo de Albuquerque (2002) para o caso do município de Terra Roxa, PR. Neste caso os problemas geotécnicos observados em edificações e em equipamentos urbanos foram anteriormente definidos como causados por atividade sísmica induzida, em consequência do enchimento do reservatório de Itaipu. Entretanto, a resposta, com bases nas observações e medições de campo, mostrou que os problemas eram de fato devidos à excessiva umidificação a partir da infiltração das águas a partir do reservatório e das chuvas (Albuquerque, 2002).

Na realidade a umidificação do solo proporciona adensamento volumétrico reduzindo a capacidade de suporte de carga e variação na estabilidade geotécnica, acarretando problemas nas estruturas das edificações urbanas (Albuquerque, 2010).

A análise do aumento da susceptibilidade instabilizatória se baseia principalmente nos es-

tudos das estruturas afetadas pela nova configuração do nível freático que por sua vez leva em consideração: a interação entre os materiais que compõem o aquífero; as elevações originais do nível freático; a elevação da lâmina d'água do rio e a declividade do terreno na orla do reservatório (CDT/UnB, 2008a).

A Figura 5 mostra a formação de uma zona do lençol freático adjacente ao futuro reservatório desde o momento que antecede ao enchimento, **a**) - $t = 0$, ainda na fase rio, com detalhe mostrando a descarga do lençol em direção ao rio; **b**) - $(0 < t < \infty)$, período de inversão do fluxo subterrâneo, a partir da margem do reservatório em direção à zona saturada do aquífero, com o surgimento de uma zona de depressão (*hollow*) no encontro entre os dois sistemas até o completo enchimento do reservatório; e **c**) - $(t \sim \infty)$, quando um novo equilíbrio é estabelecido onde a descarga do aquífero volta a ser em direção ao reservatório a partir de águas de recarga que abastecem a zona saturada do aquífero, com carga hidráulica maior que no cenário original.

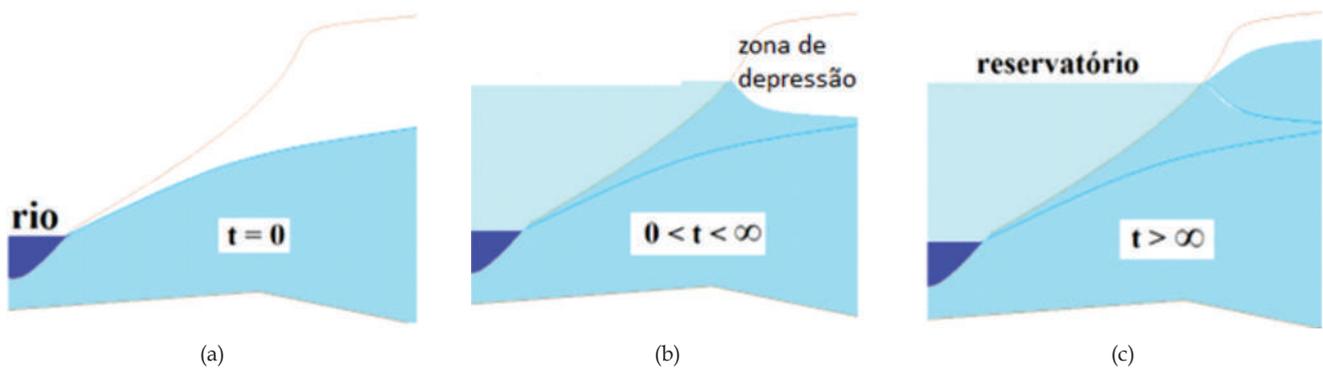


Figura 5. Fases da elevação do lençol freático devido à formação de um reservatório artificial. a) fase original do rio (apenas com variações sazonais de nível d'água); b) fase de enchimento do reservatório; e c) fase de operação do reservatório, após longo período de tempo depois da formação do reservatório.

Quando esta questão é analisada desde a fase inicial de planejamento do sistema usina-reservatório, sendo incluída na etapa de coleta e análise de dados geológicos e geotécnicos, impactos que a ascensão do nível d'água poderiam causar serão conhecidos com antecedência e ações concretas poderão ser desenvolvidas no sentido de mitigá-los.

Entende-se por inventário os estudos diversos (relatórios, artigos técnicos, dissertações teses etc.) que contemplam, parcial ou integralmente, a bacia hidrográfica, destacando-se os relativos aos seguintes temas e áreas do conhecimento: recursos minerais, sismicidade, fauna, cobertura vegetal, geologia, geotecnia, geomorfologia, pedologia, hidroclimatologia, hidrometeorologia, limnologia e ictiologia (CEPEL, 2007). Alguns estados brasileiros exigem de forma prévia ao inventário o Estudo Integrado de Bacia Hidrográfica - EIBH, de modo que seja possível avaliar a cumulatividade e sinergia entre diferentes impactos.

Dessa maneira as áreas com susceptibilidade de desenvolvimento de processos instabilizatórios e patologias geotécnicas devem ser caracterizadas e identificadas desde o início do desenvolvimento dos estudos. Os dados preliminares deverão ser integrados com as diversas ações mitigadoras colaborando para aperfeiçoar os recursos disponíveis com maior probabilidade de atingir a pre-

venção ou mitigação do impacto, objeto da gestão inicial. Essas ações integradas devem contribuir, portanto, com a minimização de prejuízos econômicos e ações jurídicas, pagamentos de indenizações, além das inúmeras consequências negativas para a comunidade afetada.

3 CONSTITUIÇÃO DA INFORMAÇÃO: MONITORAMENTO E AVALIAÇÃO DO LENÇOL FREÁTICO

Uma estratégia metodológica é fundamental para orientar todas as atividades de um projeto de monitoramento e avaliação hidrogeológica que é a chave para obtenção de uma base de dados devidamente contextualizada com os estudos ambientais das águas superficiais e subterrâneas, contribuindo com as etapas de implantação de uma usina hidrelétrica.

A Figura 6 apresenta uma proposta de Ciclo de Monitoramento e Avaliação Hidrogeológica, que compõe uma ferramenta que vem ao encontro de solucionar eficazmente o problema específico geotécnico apresentado neste trabalho. A proposta abrange aspectos necessários para o monitoramento com a vantagem de poder ser integrado a outras atividades do empreendimento, resultando em benefícios mútuos dos estudos desde o planejamento, até a instalação e operação da usina.



Figura 6. Ciclo de Monitoramento e Avaliação em Hidrogeologia. Observar que as diferentes componentes do ciclo podem ser comutadas em diferentes momentos de aplicação do método cíclico.

O ciclo proposto fortalece os esforços em andamento e situa atividades propostas de forma providencial em um dos seus componentes, o que proporcionará incentivo, continuidade e organização como um todo e o mais interessante é o autoaprendizado com a possibilidade da retroalimentação que o ciclo pode proporcionar. Esta proposta é contrastante com os métodos de monitoramento existentes, que são lineares, isto é, apresentam estudos iniciais e são concluídos ao final de um ciclo de vida dos empreendimentos.

A forma cíclica conduz, à verificação de quanto os objetivos da gestão foram atingidos, possibilitando o retorno à etapas anteriores para se aproveitar de forma dinâmica as diferentes ações do monitoramento. Essa organização é racional e permite repassar tarefa por tarefa identificando onde especificamente pode-se aprimorar.

Diversas são as vantagens institucionais em se implantar tal estratégia, que pode possibilitar cooperações, convênios, contratos e parcerias entre diferentes órgãos gestores e o envolvimento destes com as tarefas que melhor lhes adaptarem. Dentre as organizações envolvidas destacam-se aquelas vinculadas ao licenciamento ambiental, de outorga de recursos hídricos, ministério público e associações de usuários.

Apesar de o ciclo deixar a critério do profissional por onde se deve iniciar o processo de monitoramento, o que normalmente ocorre é que o primeiro componente do ciclo seja representado pelas *Informações Necessárias*. Neste caso, a Gestão de Recursos Hidrogeológicos deve incluir as variáveis técnicas específicas que deverão ser trabalhadas.

Esse componente é chave para o sucesso de um projeto e é destacado em diversas discussões técnicas, sendo o principal causador do fracasso de não se alcançar a sustentabilidade ambiental quando as variáveis para o escopo da gestão não são adequadamente definidas (Chilton & Foster, 1996).

Após o adequado estabelecimento desta etapa, parte-se para o próximo componente do ciclo, que é representado pela *Coleta de Dados*. Entretanto, para este componente é necessário um projeto da rede amostral (com definições de locais de instalação dos poços, quais variáveis serão medidas e analisadas, frequência do monitoramento, custos de instalação e operação, responsáveis técnicos pela coleta e interpretação dos dados, período de realização do monitoramento entre outras), com avaliação da estratégia e programação das atividades antes de sair a campo para a coleta de dados.

Em seguida, o próximo componente é a *Análise dos Dados* com a organização em tabelas, diagramas, blocos diagramas etc., de tal forma que possam ser manuseados de acordo com os interesses dos envolvidos e objetivos do monitoramento, nas diferentes etapas dos empreendimentos (projetos, instalação e operação).

O último componente é a *Utilização das Informações* que deve ser precedida pela preparação, discussão e conclusão, sendo apresentada por meio de sumários executivos ou relatórios técnicos de forma que conduzam aos interesses da gestão.

4 CICLO DE MONITORAMENTO E AVALIAÇÃO HIDROGEOLÓGICA EM PROCESSOS INSTABILIZATÓRIOS

Albuquerque *et al.* (2004) reforçam que para avaliações das consequências da elevação do nível

do freático devido ao surgimento do reservatório, duas intervenções são necessárias: a realização do planejamento e o estabelecimento de uma rede de monitoramento no bojo do processo da avaliação de impacto ambiental do empreendimento.

Diante disso serão apresentadas intervenções de monitoramento e avaliação práticas para um arranjo de tarefas que devem obedecer ao Ciclo de Monitoramento e Avaliação Hidrogeológico proposto.

Esse novo arranjo prestigia a rede de amostragem, normalmente a parte mais onerosa, de um projeto de monitoramento e avaliação, respeitando as suas técnicas bem estabelecidas e conhecidas, em uma interface com as outras tarefas, garantindo, assim, a formatação ideal para a produção e utilização da informação para diversos usuários.

A sugestão é que o projeto acompanhe uma sequência de componentes do ciclo cujo início é especificar as informações necessárias, que são dados e informações técnicas para serem encaminhadas para o próximo componente que é coleta de dados. Em outros termos, são questões traduzidas a partir dos objetivos da gestão que derivarão vários aspectos como de planejamento envolvendo: rede amostral, medições, amostragens entre outros.

Uma questão prática relacionada aos trabalhos de monitoramento e avaliação é a dificuldade de contratação dos serviços. Como não se trata dos principais objetivos dos empreendedores e investidores em geração hidrelétrica, esta etapa que se inicia no planejamento e migra até a operação dos empreendimentos é contratada por licitações ou cartas-convite. Neste sentido, as ações a serem executadas devem estar claras nos editais ou termos de referência para contratação de empresas ou consultorias especializadas, de forma que todas as atividades essenciais sejam contempladas.

Normalmente os termos contratuais são concentrados na coleta de dados, e cabe ao projetista propor o ciclo de monitoramento para sua própria organização, ao longo da evolução do cronograma do empreendimento.

Considerando que a gestão é o objetivo central do monitoramento, devem ser destacados os seguintes aspectos: informações necessárias, coleta de dados, análise dos dados e utilização

da informação. Estes parâmetros serão a seguir detalhados.

4.1 Informações Necessárias

Quando a gestão de recursos hidrogeológicos objetiva avaliar os impactos geotécnicos nas edificações vizinhas ao reservatório de uma usina hidrelétrica, os estudos técnicos devem focar na elevação do lençol freático e como este fator impacta nas variáveis a serem consideradas. Neste sentido, a elevação do nível da água subterrânea deve ser estudada e todas as suas dimensões: elevação total; taxa de elevação; separação da flutuação natural com relação à elevação devida à formação do reservatório; relação da qualidade da água freática antes e depois da formação do reservatório; dentre outros aspectos.

Campos *et al.* (2019) destacam que as principais variáveis que controlam a elevação dos níveis das águas subterrâneas nas áreas marginais aos reservatórios incluem: declividade do terreno na orla do reservatório, tipos de materiais que compõem o aquífero e profundidade original do freático, bem como a elevação total da lâmina d'água do rio natural com relação ao reservatório atual.

Nas áreas identificadas como potencialmente impactadas, a natureza do material que compõe o aquífero é fundamental. Os principais parâmetros que devem ser conhecidos são a condutividade hidráulica das zonas vadosa e saturada e a espessura. Para a obtenção da condutividade hidráulica da zona não saturada os métodos sugeridos são ensaios de infiltração *in situ*, incluindo o infiltrômetro de anéis concêntricos em superfície e a técnica *open end hole* para diferentes profundidades (Oliveira *et al.*, 2021). Para a zona saturada o ensaio tipo *Slug and Bail Test* em poços de monitoramento são os mais adequados.

Com relação às patologias geotécnicas, um caso de destaque é utilizado para exemplificar o tipo de informação necessária. O programa ambiental da UHE Peixe Angical (CDT/UnB, 2008a) cadastrou centenas de edificações e levantou as patologias existentes antes do início das obras de construção do barramento em três áreas urbanas situadas na futura orla do reservatório. As fissuras, trincas e rachaduras em edificações foram

monitoradas durante e depois do enchimento do reservatório, de forma que se pudessem separar aquelas existentes que eventualmente sofressem reativações ou novos processos, após a formação do reservatório e operação da usina. Além deste cadastramento, os solos passíveis de colapso com a elevação do lençol freático foram estudados, gerando mapas de materiais com a caracterização física dos solos.

Poços existentes (cisternas e tubulares) podem ser utilizados como dispositivos para observação da variação do nível d'água com registro da piezometria ao longo do tempo. Contudo, a instalação de poços de monitoramento dedicados exclusivamente com o objetivo de medição periódica dos níveis deve ser sempre obrigatória.

É fundamental incluir no início dos estudos, para a gestão hidrogeológica a modelagem conceitual do aquífero caracterizando sua homogeneidade ou heterogeneidade, isotropia ou anisotropia, bem como os parâmetros dimensionais condutividade hidráulica, espessura, número de camadas e condições de recarga. Dessa forma, são identificadas as unidades hidroestratigráficas e os parâmetros hidrogeológicos associados a cada unidade identificada (Lousada & Campos, 2005).

No Manual de Inventário Hidroelétrico de Bacias Hidrográficas (MME/CEPEL, 2007), as informações geológicas, geomorfológicas, pedológicas e geotécnicas são requeridas nos estudos. Entretanto, o manual é voltado para análise da instabilidade natural de encostas nas adjacências do reservatório e definição das áreas com susceptibilidade à erosão.

4.2 Coleta de Dados

Componente do ciclo que inclui diferentes atividades, incluindo: seleção das variáveis, locais, frequência, medidas em campo e análises laboratoriais, além da metodologia de obtenção dos dados e responsáveis técnicos pela execução. Entretanto, tudo deve ser realizado sob um arcabouço de um projeto da rede de amostragem, chave para melhor aproveitamento do monitoramento e avaliação, pois com a informação necessária pré-definida o projeto se adequa de tal maneira que os resultados podem ser utilizados de forma

global. Neste caso, o projeto de monitoramento tenderá a ser sob medida atendendo às particularidades locais e regionais.

Sempre é importante lembrar que o projeto da rede de amostragem deve ser adequado para condições: pré-enchimento, durante o enchimento e posterior ao enchimento do reservatório, considerando o zoneamento do potencial de sua influência e as características do uso e ocupação de sua orla (Albuquerque, 2002). Este autor enfatiza a realização das frequências de amostragens dentro do ciclo hidrológico na época da implantação da usina hidrelétrica, o que coincide com as recomendações das campanhas hidrológicas.

É a oportunidade de se definir a modelagem conceitual dos aquíferos locais que não seria somente uma ferramenta para simular a elevação do lençol freático, mas também apoio como para a definição da rede e posterior operação, trazendo seu uso ao longo da existência dos estudos.

Para a coleta de dados hidrogeológicos, os poços de monitoramento são imprescindíveis. Segundo Feitosa *et al.* (2008) dependendo dos objetivos dos estudos os poços podem ser de diferentes formas: poço estratigráfico, produtor, de pesquisa ou de observação. De forma geral, os poços de monitoramento em estudos de hidrelétricas devem ter seção curta de filtro e a máxima penetração possível na zona saturada do aquífero para ter funcionalidade a qualquer momento do ciclo hidrológico (de forma que sejam funcionais mesmo quando o nível freático for mais baixo). A locação dos poços deve ser realizada na fase de implantação da UHE levando-se em consideração a linha máxima da lâmina d'água após a estabilização do reservatório.

Com relação aos solos dois tipos de informações são necessários: distribuição dos tipos de coberturas ou materiais geotécnicos e dados intrínsecos dos diferentes tipos de materiais. Para o primeiro caso é necessário confeccionar mapas de solos ou de materiais geotécnicos segundo critérios específicos (pedológicos ou geotécnicos). Este mapa deve ter escala apropriada, em geral, de grande resolução espacial, com detalhamento suficiente para se compreender as mudanças laterais dos materiais e suas transições. Com relação aos dados intrínsecos dos perfis de solos ou dos materiais em estudo são necessárias coletas de

amostras deformadas e indeformadas. As amostras deformadas são úteis para obtenção de dados como textura, estrutura, pegajosidade, plasticidade, dentre outras, a partir de análise tátil-visual de campo e de análises laboratoriais. As amostras indeformadas são necessárias para produção de dados de erodibilidade, colapsividade, densidade, porosidade, e outras a partir de ensaios geotécnicos específicos.

Os equipamentos e ferramentas que devem ser utilizadas durante as atividades de campo devem incluir: GPS portátil; máquina fotográfica; paquímetro; caderneta; cola tipo resina e lâmina de vidro (espessura 1 mm e comprimento 5 cm para auxiliar no monitoramento de trincas), medidor de nível (com sensor sonoro) e medidor portátil de pH e condutividade elétrica da água.

Além das informações anteriormente enumeradas, outros dados e elementos vinculados à hidrogeologia devem ser considerados, para obtenção de variáveis incluindo a mudança sazonal do nível freático, quantificação da recarga, porosidade total e efetiva do meio, vazão de descarga do aquífero e gradiente hidráulico (Scanlon *et al.* 2002).

4.3 Análise dos Dados

Este componente é onde os dados produzidos são convertidos nas informações necessárias, que por sua vez estão associadas com os objetivos da gestão hidrogeológica. É o momento para se validar, tornar acessível, arquivar, facilitar a análise espacial e temporal a partir de uma variedade de fontes (caracterização geotécnica dos solos, relevo, hidrologia, clima, hidrogeologia, geologia).

Para os trabalhos de geotecnia, produtos planialtimétricos e hidrogeológicos devem ser elaborados, tais como: mapa de profundidade do nível d'água subterrânea; mapa potenciométrico do sistema aquífero livre; carta de zoneamento de potencial de influência do enchimento do reservatório sobre o aquífero livre adjacente (Albuquerque, 2002); carta geotécnica, mapa de solos, e os mapas derivados (potencial de recarga, potencial de perda de solos, distribuição dos solos colapsíveis etc.).

Como já referido a declividade, nível d'água do reservatório e tipos de materiais são parâmetros a serem avaliados de forma a se evidenciar as principais feições geotécnicas.

Os dados obtidos na componente anterior devem ser analisados e avaliados a partir de ferramentas adequadas, que incluem o saneamento dos dados, plotagem em diagramas específicos (Piper, Stiff ou Shoeller), até o uso de softwares específicos para aplicações hidrogeológicas e geotécnicas. De maneira geral, os dados deverão ser armazenados em formato digital e a análises de dados, na maioria das vezes representadas por operações estatísticas, pode fazer uso de pacotes de software genéricos. Para obter uma análise de dados automatizada padrão, recomenda-se o uso do software proposto pela Comunidade Europeia (UN/ECE, 2006).

4.4 Utilização da Informação

Este último componente é o momento da conexão entre a informação e os usuários, sendo fundamental que seja dirigida à audiência a que se destina. No caso deste estudo, os principais interesses dos tomadores de decisão incluem: *i*) qual população ou quais edificações devem ser realocadas? *ii*) onde implantar ou não reforços estruturais e preenchimento de fendas em edificações afetadas pela elevação do nível freático? *iii*) se as patologias são vinculadas à elevação do nível freático ou relacionadas à problemas construtivos sem conexão com mudanças dos níveis freáticos (Campos *et al.*, 2019). Desta forma não será uma mera lista de variáveis e concentrações ou níveis, mas interpretadas e avaliadas por equipe experiente com relevantes recomendações para ações gerenciais (UN/ECE, 2006).

Os usuários desta informação poderão estabelecer critérios de mitigação diferenciados para as edificações convencionais e não convencionais. Outras medidas incluem: desapropriações caso constate-se comprometimento irremediável da edificação e planejamento para ocupação das margens do reservatório.

Comumente as informações e dados produzidos são utilizados em estudos ambientais ou para subsidiar audiências públicas e é a oportunidade

para se verificar o quanto os objetivos foram contemplados. Além dos usuários mais diretos das informações, devem-se avaliar as possibilidades de outros segmentos desfrutarem desse projeto, como, por exemplo, técnicos de prefeituras municipais ou para pesquisas acadêmicas.

Cruz *et al.* (*apud* Albuquerque, 2002) realizaram estudos cujos resultados do modelo eram aferidos com os efeitos constatados aprimorando-se a prevenção e mitigação dos efeitos da instalação do reservatório sobre as edificações de áreas urbanas. Essa aferição, independente do uso de ferramentas previsionais, é oportuno para se decidir em quais componentes do ciclo deve-se incluir ações de complementaridade das atividades.

5 CONCLUSÕES

O tipo de ação de monitoramento e avaliação proposto neste trabalho deve ser aplicado para o uso futuro e ocupação das terras no entorno dos reservatórios formados para usinas hidrelétricas. Sugere-se integrar os trabalhos de interesse geotécnico direto com outros estudos de cunho hidrogeológico, com execução de retroanálises dos efeitos do enchimento e quando necessário estender o período de monitoramento. Os estudos hidrogeológicos e geotécnicos não são propriamente mutuamente excludentes, e no caso de monitoramento em hidrelétricas são inseridos em uma única ciência que pode ser denominada hidrogeotecnia.

Este trabalho propõe uma inversão da lógica atualmente aplicada em muitos projetos de UHEs, com relação aos solos colapsíveis, em que as medidas preventivas são desconsideradas ou consideradas de forma insuficiente para posteriormente se investir em medidas corretivas, em geral muito mais onerosas. Neste sentido, os projetos de monitoramento e avaliação devem ter como objetivo antever os impactos geotécnicos e hidrogeológicos.

As soluções dos problemas geotécnicos e hidrogeológicos podem ser potencializadas com a aplicação adequada de uma metodologia estratégica que siga regras desde as etapas iniciais de implantação de uma UHE. A aplicação desta estratégia pode resultar na minimização do desenvolvimento de danos permanentes, conforme casos mencionados neste trabalho.

Para o caso de instalação de UHEs com reservatórios com dimensões significativas os programas de monitoramento e avaliação devem ser permanentes com campanhas realizadas antes, durante e após o enchimento do lago artificial. Os objetivos devem ser definidos inicialmente, antes do início das obras, já nas fases de projetos executivos e estudos ambientais prévios.

A aplicação do projeto de monitoramento e avaliação no formato cíclico, como proposto por este trabalho apresenta a vantagem de permitir a reavaliação de cada componente em qualquer momento em que se considere necessário. Novas etapas de coletas de dados ou mudanças de periodicidade das medições podem ser propostas. Da mesma forma, pode-se mudar a estratégia para a análise dos dados incluindo, por exemplo, avaliações estatísticas do conjunto de dados amostrais.

O fortalecimento das ações preventivas deve ser prioridade e o importante dessa estratégia metodológica é a racionalidade no uso de soluções para se alcançar as soluções mitigadoras.

Evidentemente a composição de equipes experientes com amplo conhecimento em geologia, geotecnia, pedologia, estruturas civis entre outras devem ser formadas. As equipes devem ter a máxima independência possível, de forma a não ceder às pressões que apresentam três origens principais: políticas (interesses do poder público), econômicas (interesses dos empreendedores) e sociais (interesses da população envolvida).

Para se maximizar as vantagens da aplicação do sistema cíclico de monitoramento e avaliação deve-se definir uma rede amostral adequada, com a proposição de escalas de estudos que sejam compatíveis com os problemas geotécnicos e hidrogeológicos. A escala deve ser pensada em termos espaciais (em geral 1:25.000 ou maiores) e em termos temporais (em geral com observações mensais). Para o caso das avaliações geotécnicas, deve se considerar, no mínimo, uma amostra e a descrição de um perfil para cada de solo ou de material geotécnico mapeado.

Embora sejam importantes as análises de dados existentes (publicados ou não), os trabalhos de campo para coleta de dados são imprescindíveis. Sem as visitas periódicas às áreas de estudo não é possível alcançar nenhum dos objetivos

enumerados no modelo de monitoramento e avaliação proposto.

Por fim, o conhecimento da amplitude de influência da elevação do nível freático será uma informação fundamental na decisão de implantar restrições geotécnicas à ocupação urbana nas áreas marginais ao reservatório.

REFERÊNCIAS

- ALBUQUERQUE FILHO, J.L. Previsão e análise da elevação do nível do lençol freático na Avaliação de Impacto Ambiental (AIA) de reservatórios hidrelétricos. Tese (Doutorado). Rio Claro-SP: Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, 2002. 222p.
- ALBUQUERQUE FILHO, J.L.; BOLZACHINI, E.; KITAHARA, S.M. Monitoramento hidrogeológico do aquífero livre nas margens do reservatório de Porto Primavera implantado no Rio Paraná, divisa dos estados de São Paulo e Mato Grosso do Sul. In: XIII CONGRESSO BRASILEIRO DE ÁGUAS SUBTERRÂNEAS, 2004. 11p.
- BRUNO, A.F.C. A paisagem da cidade de Pereira Barreto/SP vista a partir das transformações ocorridas no Rio Tietê. Dissertação (Mestrado). Bauru-SP: Universidade Estadual Paulista, 2019. 112p.
- CAMPOS, J.E.G.; BESSA, M. da R.M.; AUGUSTO, V.A.; GOMES, A.W.; OLIVEIRA, G.N.R. Ascensão do nível freático no entorno de reservatórios em hidrelétricas: impactos e propostas de medidas mitigadoras. In: XXIII SIMPÓSIO BRASILEIRO DE RECURSOS HÍDRICOS. Foz do Iguaçu-PR, 2019. 9p.
- CENTRO DE APOIO AO DESENVOLVIMENTO TECNOLÓGICO - CDT/UnB. RELATÓRIO FINAL - VOLUME I - Programa Ambiental 05 - Monitoramento das Encostas Marginais Programa Ambiental 06 - Monitoramento Hidrogeológico - AHE Peixe Angical. Brasília-DF, 2008a. 63p.
- CENTRO DE APOIO AO DESENVOLVIMENTO TECNOLÓGICO - CDT/UnB. RELATÓRIO FINAL - VOLUME II - Programa Ambiental 05 - Monitoramento das Encostas Marginais Programa Ambiental 06 - Monitoramento Hidrogeológico - AHE Peixe Angical. Brasília-DF, 2008b. 316p.
- CHILTON, P.J.; FOSTER, S.S.D. Monitoring for groundwater quality assessment: current constraints and future strategies. In: PROCEEDING OF THE INTERNATIONAL WORKSHOP MONITORING TAILOR-MADE II. Nupspeet-The Netherlands, p.53-64, 1996.
- FEITOSA, F.A.C. (Coord.) *et al.* Hidrogeologia: Conceitos e aplicações. 3. ed. rev. e ampl. Rio de Janeiro: CPRM; Recife: LABHID, 2008. 812p. il., color.
- FREEZE, A.R.; CHERRY, J.A. Água Subterrânea. Tradução de Everton de Oliveira et al. Edição Instituto Água Sustentável. São Paulo, 2017. 698p.
- LEITE, C.B.B. Avaliação do impacto do reservatório de Três Irmãos sobre a superfície potenciométrica do aquífero livre na cidade de Pereira Barreto (SP): uma abordagem numérica e geoestatística. Tese (Doutorado). Rio Claro-SP. Universidade Estadual Paulista, Instituto de Geociências e Ciências Exatas, 2005. xii, 214p.
- LOUSADA, E.O.; CAMPOS, J.E.G. Proposta de modelos hidrogeológicos conceituais aplicados aos aquíferos da região do Distrito Federal. Revista Brasileira de Geociências, v. 35, n. 3, p. 407-414, 2005.
- MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA - CEPEL. Manual de Inventário Hidroelétrico de Bacias Hidrográficas. Rio de Janeiro-RJ, 2007. 684p.
- OLIVEIRA, G.N.R.; CAMPOS, J.E.G.; GOMES, A.W.; MOURA, F.G. Caracterização hidrodinâmica do Aquífero Batalha na Região Noroeste de Minas Gerais. Anuário do Instituto de Geociências, Universidade Federal do Rio de Janeiro, v. 44, 36700, 2021.
- RODRIGUES, R.A.; VILAR, O.M. Colapso de solo desencadeando pela elevação do nível d'água. Revista Nacional de Gerenciamento de Cidades, v. 01, n. 06, p. 13-27, 2013.
- SCANLON, B.R.; HEALY, R.W.; COOK, P.G. Choosing appropriate techniques for quantifying

groundwater recharge. *Hydrogeology Journal*, v. 10, n. 1, p. 18-39, 2002.

SIQUEIRA, F.B.; dos SANTOS, M.A. Solutions proposed for socio-environmental conflicts and concerning multiple-use hydroelectric reservoirs in Brazil. *Environmental Progress & Sustainable Energy*. 40:e13645, 2021.

UN/ECE. Guidelines on monitoring and assessment of transboundary groundwaters. International groundwater resources assessment Centre. Editorial assistance was given by the UN/ECE Secretariat, members of the Core Group on Ground-

water and Ilonka Záborszky, Utrecht-The Netherlands, 2006. 166p.

VILAR, O.M.; FERREIRA, S.R.M. Solos colapsíveis e expansivos. In: Solos não saturados no contexto geotécnico. Associação Brasileira de Mecânica dos Solos e Engenharia Geotécnica, São Paulo. p. 415-436, 2015.

VILAR, O.M.; RODRIGUES, R.A. Collapse behavior of soil in a Brazilian region affected by a rising water table. *Canadian Geotechnical Journal*, v. 48 (2), p. 226-233, 2011.

CONGLOMERADO FERRUGINOSO LATERÍTICO (LATERITA) DA ILHA DE SÃO LUÍS DO MARANHÃO: UMA DISCUSSÃO DO POTENCIAL PARA USO EM CONCRETO DE CIMENTO PORTLAND

LATERITICAL FERRUGINOUS CONGLOMERATE (LATERITA) FROM THE ISLAND OF SÃO LUÍS DO MARANHÃO: A DISCUSSION OF THE POTENTIAL FOR USE IN CONCRETE OF PORTLAND CEMENT

JOSÉ EDWARD DE OLIVEIRA

Universidade Federal do Rio de Janeiro, edward.oliveira@gmail.com

OTTO CORRÊA ROTUNNO FILHO

Universidade Federal do Rio de Janeiro, otto@coc.ufrj.br

RESUMO

O estudo versa sobre as características de um determinado tipo de laterita, denominado conglomerado ferruginoso laterítico (agregado pétreo), do ponto de vista químico, físico, mecânico e geológico. Nesse estudo foram executados, ao final, ensaios em corpos de prova em concreto de cimento Portland aproveitando a laterita de melhor qualidade existente em São Luís no estado do Maranhão, com objetivo de se obter a resistência máxima atingida usando esse tipo de agregado. Justifica-se como sendo de melhor qualidade, o conglomerado ferruginoso laterítico pelo fato dessa rocha apresentar quando britada uma curva granulométrica mais perfeita, quando comparada a curva teórica de "Füller". Ao estudo foi dado ênfase em primeiro plano as características do material, com base na geologia de engenharia, que o fez destacar de outros estudos, pelo fato de ter sido utilizado a rocha laterítica (agregado), tal como saiu do britador com mandíbulas reguladas com aberturas de 50,8 mm, ou 2", 38,1 mm, ou 1½" e ainda 25,4 mm ou 1", fornecendo nesta britagem, tanto os agregados graúdos como os agregados finos, quando britado, conforme pode ser verificado nas curvas granulométricas apresentadas na figura 10. O conglomerado ferruginoso laterítico (agregado), depois de britado, revelou a forte influência do grau de alteração da rocha no comportamento da granulometria após britagem, o que permitiu corrigir a curva granulométrica com frações granulométricas da mesma rocha, para obtenção de resistência máxima à

ABSTRACT

The study deals with the characteristics of a particular type of laterite, called lateritic ferruginous conglomerate (stone aggregate), from a chemical, physical, mechanical and geological point of view. In this study, in the end, tests were carried out on test specimens in Portland cement concrete taking advantage of the best quality laterite in São Luís in the state of Maranhão, in order to obtain the maximum strength achieved using this aggregate. The lateritic ferruginous conglomerate is justified as being of better quality due to the fact that this rock presents a more perfect granulometric curve when crushed, when compared to the theoretical "Füller" curve. The study emphasized the characteristics of the material in the foreground, based on the engineering geology, which made it stand out from other studies, due to the fact that lateritic rock (aggregate) was used, as it left the crusher with regulated jaws with openings of 50.8 mm, or 2", 38.1 mm, or 1½" and still 25.4 mm or 1", providing in this crushing, both coarse and fine aggregates, when crushed, as can be verified the granulometric curves presented in figure 10. The lateritic ferruginous conglomerate (aggregate) after crushing revealed the strong influence of the degree of change of the rock on the behavior of the post-crushing granulometry, which allowed to correct the granulometric curve with granulometric fractions of the same rock, to obtain maximum resistance to simple axial compression tested on the concrete specimen due to a better geometric arrangement of particles and

compressão axial simples, testada no corpo de prova do concreto, devido a uma melhor arranjo geométrico das partículas e conseqüente menor índice de vazios no corpo de prova do concreto, atingindo valores de resistência a ruptura entre 31,1 a 34,2 MPa, com duas variáveis de traço 1:4 - 1:6 e a fator (a/c) água cimento 0,45 - 0,50 respectivamente. Essa rocha/agregado atingiu resistência individual a ruptura entre 29,1 a 42,3 MPa revelando a grande heterogeneidade da rocha. A composição química da rocha realizada através da via úmida e fluorescência são coerentes apresentando valores de SiO_2 variando de 8,0 a 8,8 e Fe_2O_3 variando de 75,6 a 75,6%, tabelas 1 e 2.

Palavras-chave: Rocha sedimentar cimentada por óxidos ferruginosos usada como agregado em concreto de cimento Portland; Laterita na construção civil; Concreto laterítico.

1 INTRODUÇÃO

O concreto laterítico já é bastante conhecido no Brasil e no exterior e aceito na construção civil mundial, como sendo aquele concreto que utiliza a rocha laterítica ou simplesmente laterita, como brita e deve ser abordado como um agregado não convencional para uso no concreto de cimento Portland, em substituição ao agregado convencional, CHAGAS FILHO (2005).

No presente estudo o agregado não convencional, no caso o conglomerado ferruginoso laterítico foi usado no concreto de cimento Portland e considerado aquela rocha conglomerática cuja gênese está fundamentada na rocha de origem sedimentar e que foi submetida ao processo sedimentar e posteriormente ao processo de laterização, que petrificou a rocha, devido a cimentação da rocha pelos óxidos ferruginosos.

O agregado convencional considerado neste estudo para fins de aferição da resistência máxima do concreto a base de conglomerado ferruginoso laterítico foi aquele oriundo da rocha magmática, da localidade denominada Rosário no estado do Maranhão, usado na região da ilha de São Luís, nesse mesmo estado da federação e distante cerca de 70 km desta ilha.

O trabalho/estudo ora apresentado destaca se de outros principalmente pelo fato de ter sido

consequent lower voids in the concrete specimen, reaching values of resistance to rupture between 31.1 to 34.2 MPa, with two trace variables 1:4, 1:6 and (a/c) water-cement factor 0.45 - 0.50 respectively. This rock / aggregate reached individual resistance to rupture between 29.1 to 42.3 MPa revealing the great heterogeneity of the rock. The chemical composition of the rock performed through the wet way e fluorescence are coherent, presenting % SiO_2 values ranging from 8,0 to 8,8 % and Fe_2O_3 ranging from 75,6% to 76,5%, tables 1 and 2.

Keywords: Sedimentary rock cemented by Ferruginous oxides used as an aggregate in Portland cement concrete; Laterite in civil construction; Lateritic concrete.

utilizado no concreto o conglomerado ferruginoso laterítico, tal como saiu do britador com mandíbulas reguladas com abertura de 50,8 mm, ou 2", 38,1 mm, ou 1 1/2" e ainda 25,4 mm ou 1", fornecendo tanto o agregado graúdo como o agregado miúdo, quando britado, conforme pode ser verificado nas curvas granulométricas obtidas na Figura 10, adiante. Destaque especial é dado ao fato de outros trabalhos/estudos usarem a laterita apenas com fração do agregado na composição do concreto e buscando areia lavada em outras jazidas, quer em rios, quer em ocorrências fora dos rios. Há mais, também se verifica que as caracterizações químicas, geológicas, físicas e mecânicas têm sido realizadas insuficientemente, tanto no Brasil como no exterior.

Foi adicionado ao conglomerado ferruginoso laterítico, apenas água e cimento nas proporções de interesse ao estudo. Dessa forma, evitou-se buscar agregado miúdo em depósitos aluvionares de rios. Assim sendo a substituição das areias aluvionares pelas areias obtidas no processo de britagem da laterita, diminui significativamente o passivo ambiental.

Ainda pode ser destacado que, na britagem do conglomerado ferruginoso laterítico, se efetuadas as pertinentes correções granulométricas do material britado, com o mesmo material da própria britagem, poderão ser atingidos resulta-

dos ainda mais satisfatórios, exatamente como foi conseguido neste trabalho/estudo. O estado de alteração da rocha conglomerática ferruginosa laterítica exerce papel fundamental na resistência desse concreto laterítico, pois o estado de alteração dessa rocha é o fator regulador no fornecimento dos agregados finos e graúdos durante a britagem, pois deles é que dependem o arranjo estrutural da massa de concreto.

2 OBJETIVOS DOS ESTUDOS

Investigar um tipo de rocha sedimentar laterizada, definido como conglomerado ferruginoso laterítico localizado na jazida 19 do Maracujá, conforme Figura 2, na ilha de São Luís no estado do Maranhão, como agregado pétreo para uso em concreto de cimento Portland e objetivando obter a resistência máxima, uma vez que os agregados fundamentalmente desempenham um importante significado na mistura com argamassas, quer do ponto de vista econômico como do ponto de vista técnico, pois ocupam, no mínimo, cerca de $\frac{3}{4}$ do volume do concreto, influenciando consideravelmente nas propriedades, quer do concreto fresco como do concreto endurecido, conforme PETRUCCI (1987). Foram programados os seguintes estudos: (1) Identificação dos pontos/jazidas/lavras, conforme legenda num mapa geológico das formações superficiais da ilha de São Luís -MA na escala 1:250.000, conforme figura 2. (2) Analisar a área dos estudos com base no processamento de imagens digitais do sensor LANDSAT 5-TM, por meio dos aplicativos ENVI 5.0 e Arc Gis 9.3. (3) Detalhar ao microscópio de luz polarizada e luz refletida o tipo rochoso denominado conglomerado ferruginoso laterítico. (4) Produzir imagens investigativas ao (MEV) microscópio eletrônico de varredura. (5) Obter o comportamento granulométrico do conglomerado ferruginoso laterítico quando submetidos a britagem e rebritagem mecânica, regulada para dar diâmetros concordante com abertura de 50,8 mm, ou 2", 38,1mm, ou 1½" e ainda 25,4 mm ou 1", fornecendo nesta britagem, tanto os agregados graúdos como os agregados finos, comparando as frações graúdas e finas relacionadas à curva de Füller. (6) Obter e analisar geológica, química, física, mecânica o

conglomerado ferruginoso laterítico. (7) Obter e analisar a utilização do conglomerado ferruginoso laterítico (agregados pétreos) em concreto de cimento Portland tal como saíram do britador, isto é, com todas as frações granulométricas, agregados finos e graúdos, sem retirar ou acrescentar outros materiais, contudo nesse estudo não se faz considerações sobre propriedades do concreto fabricado, ficando essas considerações para futuras pesquisas atreladas às iniciativas estimuladas com respeito ao estudo mais específico desse tipo de concreto. O estudo limitou se a obtenção da resistência máxima dos corpos de prova quando submetidos aos ensaios de compressão axial simples com resultados expressos em MPa, conforme tabela 7. (8) Obter e analisar a resistência à compressão axial simples. final dos corpos de prova do concreto quando moldados somente com o conglomerado ferruginoso laterítico com traços e fator água-cimento diferentes.

3 CONHECIMENTO DO PROBLEMA

Num contexto geral podemos afirmar que novos paradigmas sociais mundiais têm feito com que os governos busquem em suas políticas de infraestrutura dar prioridade à questão dos materiais pétreos para uso de sua população e, conseqüentemente, fazendo um chamamento à necessidade de se conhecer novos materiais com respaldo em conhecimentos técnicos e científicos e que possam participar da cadeia produtiva. Nesse aspecto, o presente estudo disponibiliza suporte técnico e científico para fundamentar uma contribuição científica aplicada ao caso. Mundialmente se tem conhecimento de que os governos busquem também em suas políticas habitacionais dar prioridade à questão da construção de habitação para sua população. Somados aos fatos políticos sociais e a cadeia produtiva existe a necessidade de encarar a realidade de campo da área de trabalho/estudo. Assim sendo o conhecimento dos parâmetros técnicos e características do conglomerado ferruginoso laterítico (agregado pétreo) da ilha de São Luís do Maranhão foi deflagrado, uma vez que as rochas existentes (laterita) neste local vem sendo aproveitadas de forma empírica e inadequada, o que justifica o presente estudo,

com base numa análise geológica, física, química e mecânica OLIVEIRA (2019)

A laterita foi descrita por inúmeros geólogos, sempre sob aspectos petrográficos, tanto na Índia como na África, Austrália e América do Sul. Vários conceitos distintos foram desenvolvidos por pesquisadores, em todo o mundo sobre esse material, focando-o sob o ponto de vista geológico, geotécnico, hidrogeológico, mineralógico, geoquímico, pedológico e econômico. Não resta dúvida de que a complexidade dos problemas encontrados no estudo das lateritas tem desafiado a argúcia daqueles que militam nesses campos da ciência.

Em São Luís, no estado do Maranhão, onde foi desenvolvido o trabalho/estudo, ocorrem cinco tipos de laterita, segundo OLIVEIRA (2008). Sobre um desses tipos de laterita, o conglomerado ferruginoso laterítico é que se discorre o presente trabalho/estudo.

4 METODOLOGIA

É apresentado abaixo um fluxograma/orgnograma metodológico geral dos estudos de campo e laboratório conforme Fig.1.

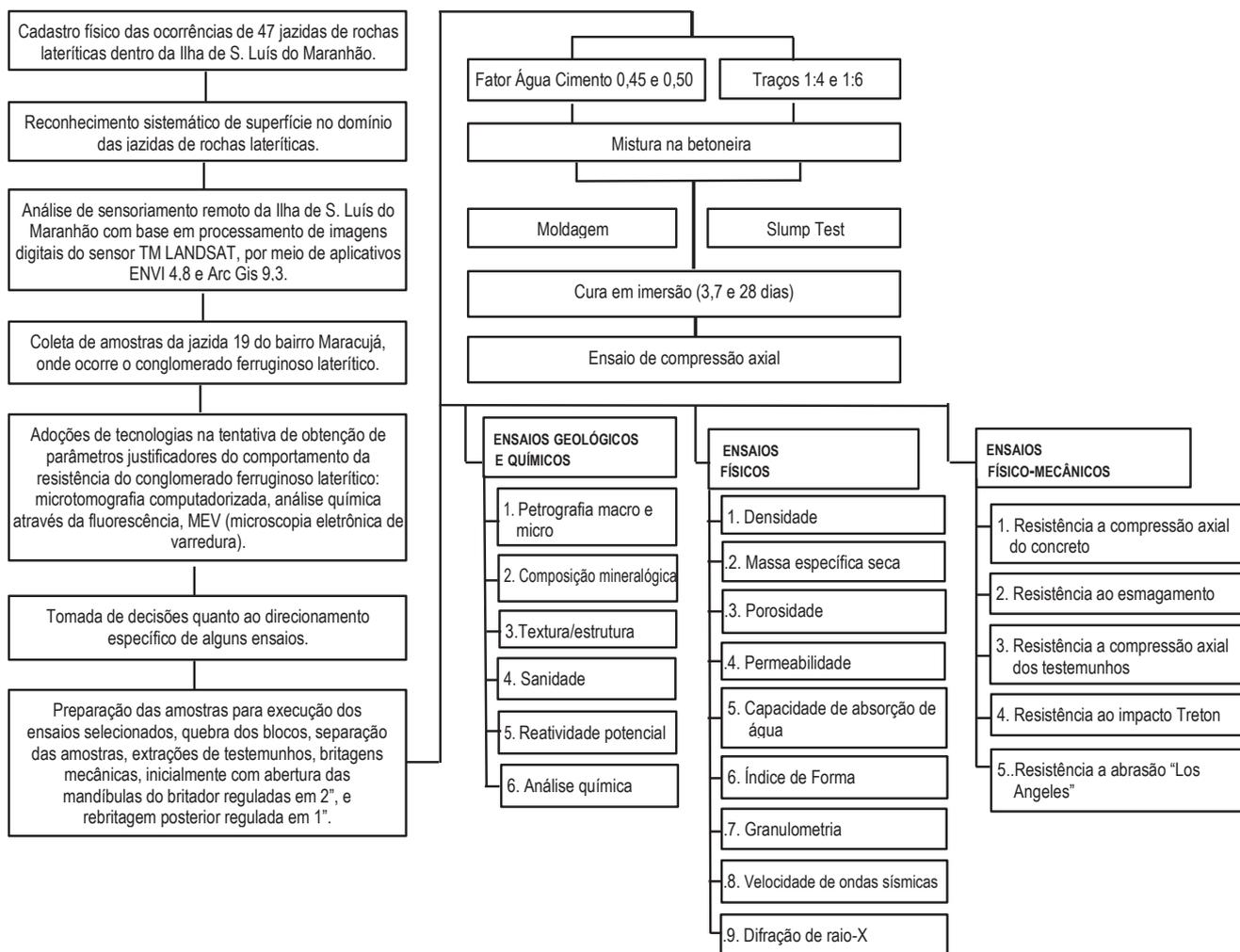


Figura 1. Fluxograma dos estudos de campo e de laboratório.

5 MATERIAIS

Foram utilizados no presente estudo/trabalho quatro tipos de materiais e pela ordem de importância citamos primeiro, o conglomerado ferruginoso laterítico que forneceu o agregado pétreo fino e grosso e que foram obtidos durante o processo de britagem e rebitagem da rocha. Em segunda ordem de importância foi considerado o cimento Portland, CP-II-E-32 MPa, fabricado pela Nassau, no município de Codó, estado do Maranhão, fabricado segundo a norma NBR 11578 de 1991. O cimento foi adquirido no comércio de construção local, onde estava armazenado dentro das especificações vigentes à época. Em terceira ordem de importância foi considerada a água tratada da região metropolitana de São Luís - MA. O quarto tipo de material utilizado foi o granito do município de Rosário no estado do Maranhão, usado para fins de comparação entre o comportamento da resistência do concreto à base exclusivamente do conglomerado ferruginoso laterítico e o concreto a base do granito (agregado/brita), procedimento esse usual para fins de comparação da resistência entre corpos de prova de um concreto convencional e um concreto não convencional, dando destaque ao fato da utilização dos agregados finos que foram obtidos do conglomerado ferruginoso laterítico na composição desse concreto de referência.

A chave principal desse estudo/trabalho foi o uso do conglomerado ferruginoso laterítico como material pétreo, tal como saiu do britador, contendo a areia fina, a areia média, a areia grossa e o agregado ao mesmo tempo. O diâmetro dos componentes pétreos foi ditado pela regulagem de abertura do britador. Nesse estudo o britador foi regulado inicialmente com abertura de 2" (bri-

tagem primária) e posteriormente com abertura 1" (britagem secundária). Dessa forma o dito conglomerado laterítico teve sua passagem por uma britagem primária e em seguida teve sua passagem por uma britagem secundária (rebitagem). Trata-se de um dos tipos de rocha sedimentar laterítica, dentre outros tipos de laterita da ilha de São Luís no estado do Maranhão, fornecendo agregados para uso no concreto com cimento Portland, segundo OLIVEIRA (2008).

6 APRESENTAÇÃO DOS RESULTADOS

6.1 Aspectos da geologia

O trabalho/estudo foi desenvolvido na ilha de São Luís no estado do Maranhão. A referida ilha apresenta uma compartimentação estratigráfica geológica estabelecida na Figura 2, contendo nesse mapa geológico as jazidas de laterita, dando destaque a jazida 19, onde ocorre os afloramentos do conglomerado ferruginoso laterítico. A jazida 19 está localizada no bairro Maracujá em São Luís do Maranhão, onde foram concentrados os trabalhos/estudos. Neste local ocorre em larga escala o conglomerado ferruginoso laterítico posicionado estratigraficamente no Grupo Barreiras, na Formação São Luís, unidade de fácies conglomerática, afetadas pelo processo de laterização. Em face à ausência de materiais pétreos convencionais na referida ilha para uso na construção civil, são utilizadas alternativamente lateritas ferruginosas, pois apresentam características geológicas, químicas, físicas e mecânicas adequadas, sendo ainda de fácil extração e de ocorrência generalizada na dita ilha, segundo OLIVEIRA (2008).



Figura 2. Mapa geológico das formações superficiais da ilha de São Luís -MA e mapa de localização das áreas dos pontos/jazidas/lavras na escala 1:250.000.

Fonte: CPRM – Companhia de Pesquisa e Recursos Minerais (2012).

6.2 Aspectos do sensoriamento remoto

Na análise e processamento de imagens foi adotado o sensoriamento remoto através de imagens Landsat, com vistas à exploração mineral que vem sendo empregado com sucesso por diversos pesquisadores, OLIVEIRA (2019). Nesse sentido, o intuito deste trabalho foi determinar as áreas com maior potencial de ocorrência de lateritas ferruginosas, a partir do processamento digital de imagens de LANDSAT 5 -TM, por meio de aplicativos ENVI 5.0 e ArcGIS 9.3. Para tanto, utilizou-se técnica baseada em uma variante de transformação por componentes principais CRÓSTA & MOORE (1989).

A área de estudo é recoberta principalmente pela cena com órbita e ponto 220/62 respectivamente e secundariamente pela cena 221/62, que foram ambas obtidas, respectivamente, para as datas de 11-06-2004 e 24-06-2006. A escolha dessas

cenas baseou-se na baixa porcentagem de nuvens. Foi adotado neste trabalho/estudo, o sistema de coordenadas cartesianas e o datum horizontal denominado SIRGAS 2000. Com base no citado processamento a Figura 3 traduz uma composição colorida R7G4B3 comumente utilizada em geologia, que tem o intuito de subsidiar a interpretação das componentes principais. Nela é possível observar as seguintes feições: a) vegetação em verde, principalmente próximos aos cursos de água; b) corpos de água em azul ou preto; c) solo exposto e áreas urbanas em magenta ou em tons avermelhados; d) áreas agrícolas ou pastagens em tons amarelados. Com base no método usado nesse estudo, as áreas mais propícias à identificação de lateritas seriam aquelas onde a cobertura vegetal é ausente ou incipiente. Essas áreas ocorrem preferencialmente nas proximidades de São Luís no estado do Maranhão e de forma generalizada como pequenas áreas descontínuas.

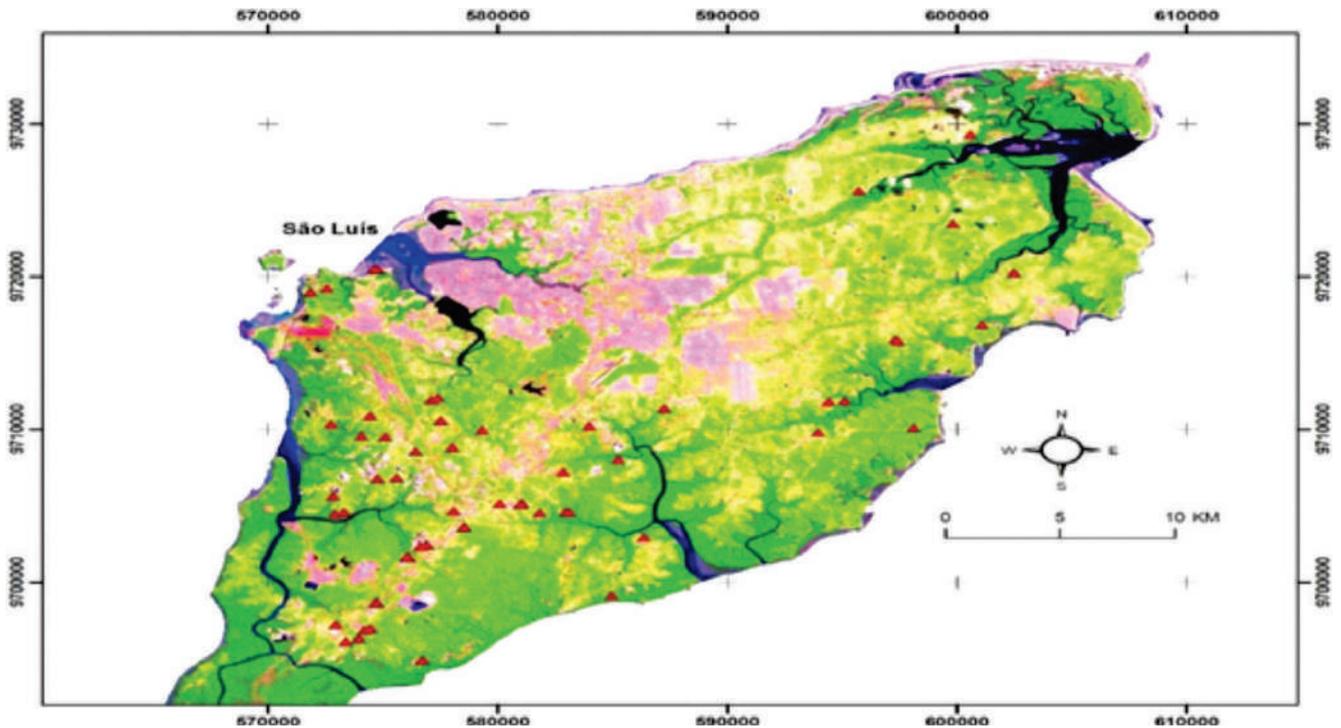


Figura 3. Composição colorida 7R4G3B realçada, com indicação dos pontos/jazidas/lavras onde ocorrem as lateritas ferruginosas (triângulos vermelhos).

6.3 Aspectos das análises geológicas

Incluí a petrografia macroscópica e a microscópica com luz polarizada, a microscopia eletrônica de varredura (MEV) e a microscopia com luz refletida, conforme se depreende das figuras 4 a 9.

Essas análises permitem verificar o detalhe do arranjo dos componentes quartzosos e suas interações com o cimento da rocha. A textura desse tipo de material petrográfico é constituída de grãos e grânulos como valor modal e extremos variando de muito grossa a seixos pequenos contendo muito cascalho e a areia totalizando menos de 5%. Possui na matriz quartzo policristalino com

presença de extinção reta e ondulante, sendo rara a presença de feldspato potássico. O arredondamento é subangular e subarredondado e de alta esfericidade. O cimento tem composição hematítica e limonítica e coloração variável, notadamente preto acinzentado, marrom escuro até marrom claro em função da hidratação e oxidação do horizonte laterizado. A determinação ou identificação da hematita e gohetita (limonita) foi feita por identificação na microscopia com luz refletida, conforme se pode verificar na figura 8. A análise de lâminas petrográficas a luz polarizada foram efetuadas segundo a ABNT-NBR-7389.



Figura 4. Detalhe da estrutura do conglomerado ferruginoso laterítico da jazida 19 do Maracujá, tendo uma régua branca como escala e assim dando ideia da proporcionalidade entre a matriz quartzosa, o arcabouço e o cimento ferruginoso. Rocha sedimentar do tipo conglomerado ferruginoso laterítico, cujo arcabouço é constituído por uma fração clástica principal de grãos de quartzo cristalino e leitoso, sendo angulosos, com diâmetros variáveis de 0,6mm a 0,07mm, em cuja foto se verifica o arranjo da distribuição espacial dos grãos com contatos pontuais. A matriz da rocha é perfeitamente visível nas figuras posteriores e que se traduz por um material constituído de finas partículas de quartzo aglutinadas por um cimento ferruginoso, que em conjunto sustentam o arcabouço estrutural da rocha. O cimento da rocha é constituído de óxidos minerais (hematita, gohetita) sendo responsável pela resistência físico mecânica da rocha, o que a torna aproveitável na produção de agregado para utilização no concreto de cimento Portland. A rocha conglomerática, assim como o cimento estão submetidos a uma degradação de resistência em face ao intemperismo diferencial.

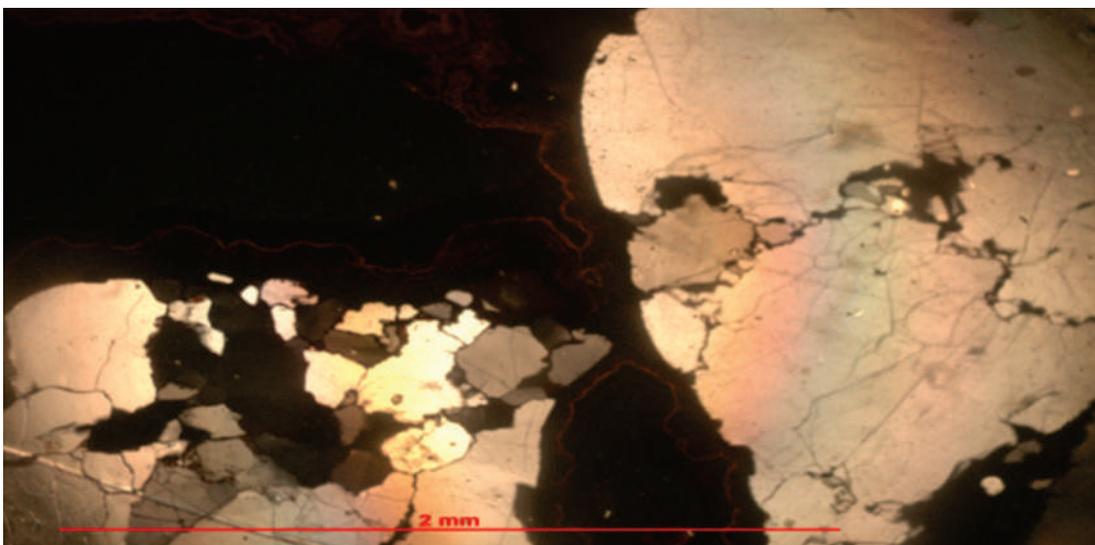


Figura 5. Fotomicrografia ao microscópio de luz polarizada com polarizadores cruzados em que realça a estrutura dos grãos de quartzo do conglomerado ferruginoso laterítico, constituído de grãos de quartzo policristalino e quartzo com extinção ondulante com frações de grânulos como valor modal, extremos muito grossos e seixos pequenos e contendo muito cascalho, enquanto a areia representa menos que 5%. A matriz rochosa é subangular e subarredondada, alta esfericidade com cimento marrom claro a marrom escuro tipo hematita e limonita, sendo rara a presença de feldspato potássico e fragmentos de granito. O cimento ocorre em alguns pontos, como goethita botrioidal evoluindo em alguns pontos para cristalização da hematita. Observar, também, que os grãos de quartzo maiores estão microfaturados, o que revela a susceptibilidade do grão a ser reduzido a uma granulometria inferior, quando submetidas às forças da mandíbula do britador e revelando, conseqüentemente, a facilidade na redução da granulometria.

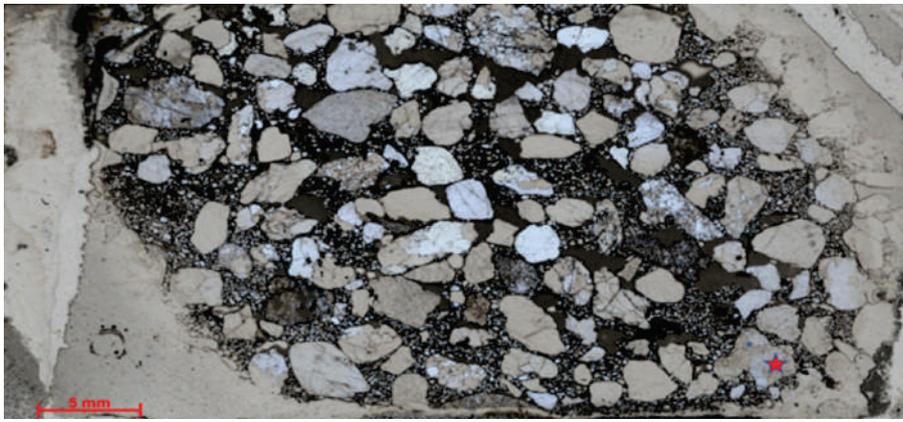


Figura 6. Fotomicrografia referente ao conglomerado ferruginoso laterítico com aspectos microscópicos obtidos em luz com polarizadores paralelos evidenciando a interação entre os óxidos ferruginosos cimentícios com a matriz quartzosa. Observar que o cimento ferruginoso engloba partículas muito finas de frações quartzosas. Detalhe da estrela vermelha na Figura 7.

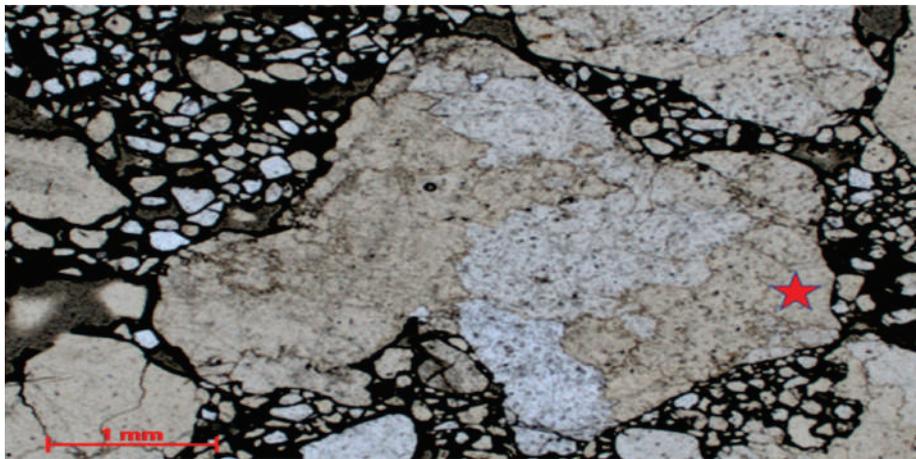


Figura 7. Fotomicrografia com luz polarizada mostrando detalhe do conglomerado ferruginoso laterítico anteriormente apresentado. Aqui fica evidente que o cimento engloba partículas muito finas de frações quartzosas e assim estabelecendo uma maior área de contato entre diferentes materiais, no caso, cimento e grãos da matriz.

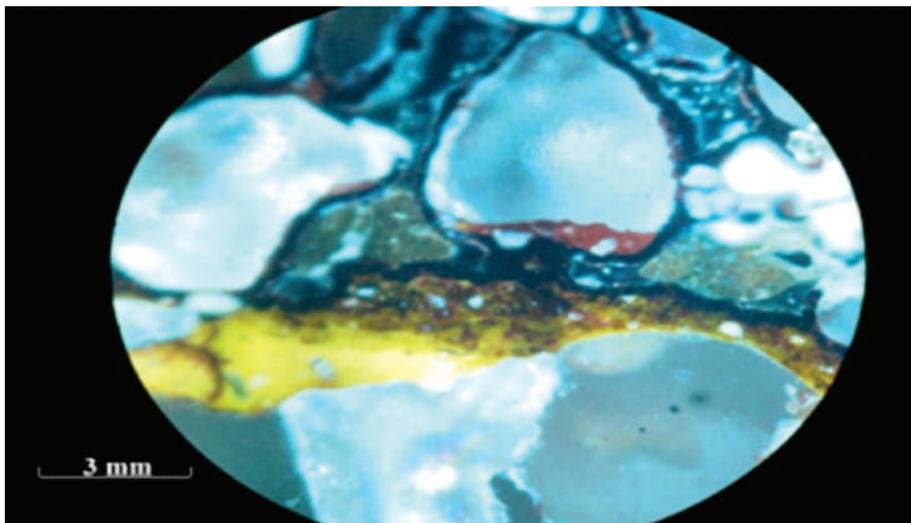


Figura 8. Fotomicrografia com luz refletida do conglomerado ferruginoso laterítico denotando gohetita representada pela cor amarela, a hematita representada pela cor marrom e o quartzo representado pela cor branca.

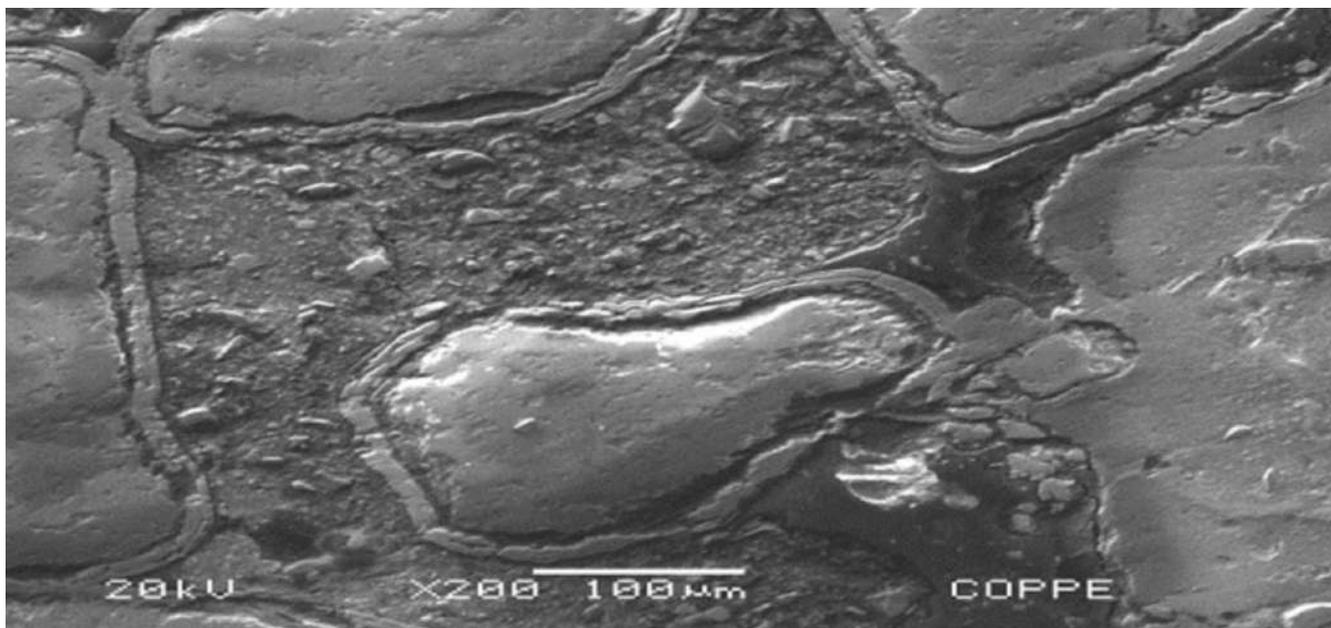


Figura 9. Eletromicrografia MEV (microscopia eletrônica de varredura) evidenciando em plano mais marcante os grãos de quartzo maiores envolvidos por uma fração/película de óxido ferruginoso. Entre um grão e outro, pode ser observado o cimento ferruginoso, no qual ocorrem disseminados finíssimos grãos de quartzo. Foram identificados os constituintes da rocha com base na energia de dispersão através de um detector de raio X (EDS).

6.4 Análises químicas

Nas análises foram consideradas: a) análise química através da fluorescência; b) análise química através da via úmida, Tabelas 1 e 2 respectivamente; c) determinação da relação sílica sesquióxido; d) análise difratométrica; e) reatividade potencial; f) sanidade. As pequenas diferenças de teores, ou mesmo minerais diferentes se justificam pelos diferentes métodos de análises químicas, um método quantitativo e outro semi-quantitativo.

a) Análise química através da fluorescência

A amostra foi preparada por fusão à 1050 °C na Máquina VULCAN, na diluição 1:10 - (0,6g de amostra seca à 100°C e 6g de fundente), utilizando como fundente uma mistura $\text{Li}_2\text{B}_4\text{O}_7$ - 66% e LiBO_2 - 34%. Os resultados estão expressos em %, calculados como óxidos e normalizados a 100%. O conglomerado ferruginoso laterítico foi fundido com tretaborato de lítio.

Tabela 1. Determinação semi-quantitativa dos elementos químicos através de fluorescência ao raio-X.

Conglomerado Ferruginoso Laterítico Elementos	%
% Al_2O_3	2,4
% SiO_2	8,0
% P_2O_5	1,6
% Fe_2O_3	76,5
% CaO_s	0,10
%PPC	11,1

b) Resultados da análise química através da via úmida do conglomerado ferruginoso laterítico

A composição química do Conglomerado do Conglomerado Ferruginoso Laterítico, expressa em percentuais de óxidos, foi elaborada segundo a norma DNER - ME -30-74.

Tabela 2. Resultados da análise química quantitativa por via úmida do Conglomerado Ferruginoso Laterítico.

Parâmetros determinados	%, em massa
%Al ₂ O ₃	2,6
%MnO ₂	<0.05
%Fe ₂ O ₃	75,6
%FeO	0.08
%SiO ₂	8.8
%CaO	<0.05
%MgO	<0.05
%PPC	6,2

c) *Determinação da relação sílica/sesquióxido*

A diferença entre solo laterítico e laterita em termos quantitativos de Kr (índice de identificação) foi proposta por MEDINA (1974), conforme preconiza o método de ensaio DNER-ME-030-94. Determinação da relação sílica alumina e sílica sesquióxidos em solo.

Sendo:

$$Kr = \frac{\%SiO_2/60}{\%Al_2O_3/102 + \%Fe_2O_3/160}$$

Kr > 2 - solo não laterítico → Kr < 2 - solo laterítico → Kr < 1,33 - laterita

Conforme a Tabela 3 o Kr é baseado na relação sílica - sesquióxido e válido para frações coloidais e assim sendo o conglomerado ferruginoso laterítico é considerado laterita, conforme norma DNER-ME-30-74.

Tabela 3. Resultado da análise de determinação da relação sílica sesquióxido.

Tipo litológico Elementos	Conglomerado ferruginoso laterítico
%Al ₂ O ₃	2,0
%Fe ₂ O ₃	46,0
%SiO ₂	2,5
Ki	2,15
Kr	0,13

d) *Difratometria do conglomerado ferruginoso laterítico*

A interpretação do resultado do diagrama de difração (X) do conglomerado ferruginoso laterítico permite uma avaliação qualitativa e quantitativa em que os ensaios foram executados com uma radiação FeK - 1996, num difratômetro PHILLIPS. A identificação das fases cristalizadas presentes foi feita por comparação com amostras registradas no fichário ASTM (comparação entre os valores dos espaçamentos interplanares dhkl e das respectivas intensidades). Uma avaliação quantitativa e qualitativa é apresentada na Tabela 4. O método utilizado foi o ASTM-C-295.

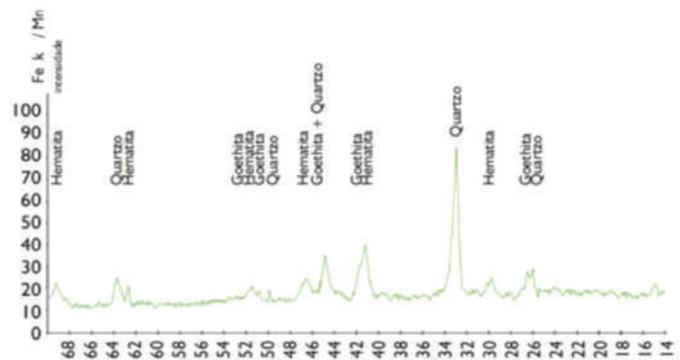


Figura 10. Gráfico representando a difração aos raios-X, usando-se radiações FeK - 1996.

Tabela 4. Avaliação dos resultados da análise da microanálise difratométrica de raio-X.

Tipo Litológico	Quantidade e Qualidade dos Elementos			
	Quartzo	Hematita	Goethita	Kaolinita
Conglomerado ferruginoso laterítico	Muito	Pouco	Muito pouco	-

Na análise mineralógica apenas da fração fina, cuja separação foi feita por sedimentação em meio aquoso, após duas horas de repouso da suspensão, não tendo sido identificados minerais do grupo da kaolinita no conglomerado ferruginoso laterítico.

e) *Reatividade potencial – álcali do cimento e sílica dos agregados graúdos e finos*

Aspecto que merece destaque são os constituintes mineralógicos principais. No caso, o quartzo apresenta-se em forma de grãos originados de quartzo cristalino totalizando um teor de 8,8%. O cimento ferruginoso, um óxido de ferro, totaliza, por sua vez, um teor de 75,6%. Ambos conjuntos mineralógicos não se apresentam como reativos aos álcalis do cimento, sendo portanto, inócuos, permitindo o uso desse agregado sem qualquer restrição, conforme Tabela 5, onde é apresentado o resultado do ensaio químico.

Outro destaque, pelo menos no que diz respeito à amostra analisada é o fato desse agregado não apresentar qualquer variedade criptocristalina de quartzo, opala, calcedônia, cristobalita, tridimita e quartzo microcristalino, o que seria uma inconveniência, face à reatividade potencial que esses minerais apresentam aos álcalis do cimento. Ensaio realizado segundo a norma ABNT-NBR-15577.

Tabela 5. Representação da reatividade química aos álcalis do cimento.

Conglomerado ferruginoso laterítico	
Redução da Alcalinidade (milimoles de Na OH/ℓ)	205
Sílica Dissolvida (milimoles de SiO ₂ /ℓ)	14
Natureza Tecnológica	Inócuo

f) *Ciclagem/sanidade*

Os resultados abaixo apresentados na Tabela 6 demonstra que o conglomerado ferruginoso oferece uma suscetibilidade à penetração da solução química (sulfatos), nas frações, onde impera a porosidade. Portanto, ao facilitar a penetração do sulfato de sódio devido a uma força de expansão, conseqüentemente a amostra sofre uma partição e desta forma reduzindo a granulometria, com base na norma DNER-DPT-M-89-64. Em estudos anteriores foi registrado 34,35 a 36,86% de perda média em outro tipo de laterita, denominada concreção ferruginosa laterítica e popularmente conhecida como pedra jacaré OLIVEIRA (2008).

Tabela 6. Ensaio de Ciclagem/Sanidade (DNER-DPT-M-89-64).

Tipo litológico		Conglomerado ferruginoso laterítico Pedra caroço (nome popular do conglomerado)		
Peneira Retida	Peso Inicial (g)	Peso Final (g)	Perda	Perda Média
1"	1.000	968,5	3,15%	2,53%
3/4"	500	490,5	1,90%	
1/2"	670	631,0	5,82%	7,46%
3/8"	330	300,0	9,09%	

6.5 Análises físicas

Inclui a granulometria, Figura 10, que representa a chave do estudo, em que as frações granulométricas podem ser observadas nas suas reais porcentagens de ocorrência quanto às frações graúdas, médias e finas. Assim sendo, as frações granulométricas que faltam e que sobram em relação a curva granulométrica teórica de "Füller", possibilitaram equacionar o volume da fração granulométrica a ser retirada e ou adicionada per-

mitindo corrigir a curva granulométrica do material/agregado britado e rebitado, conforme preconizado no estudo, ou seja, primeiro se executa a britagem primária com britador regulado para 2" e depois se executa a britagem secundária com britador regulado para 1" e assim permitindo um arranjo granulométrico nos corpos de prova do concreto com um menor índice de vazios e conseqüente maior resistência no ensaio de compressão axial do concreto.

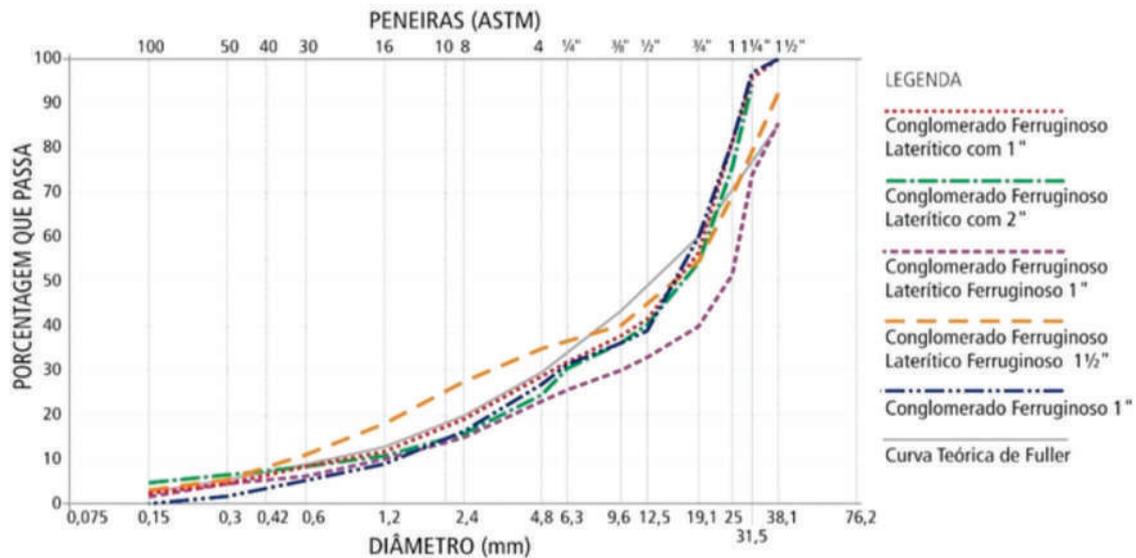


Figura 11. Curvas granulométricas dos tipos petrográficos britados com abertura da mandíbula regulada com 1" - 1½" - 2".

6.6 Análises físicas e mecânicas

Os resultados das análises de caracterizações físicas e mecânica foram resumidos e estão configuradas no Quadro 1, salientando que o comportamento físico e mecânico está condicionado a alteração da rocha com distribuição espacial anômala, devido ao intemperismo diferencial e também condicionado a espessura do cimento ferruginoso da rocha. A hidratação e conseqüente alteração do cimento ferruginoso exerce fundamental importância na resistência físico e mecânica do conglomerado ferruginoso laterítico, em cuja Figura 8 pode ser visualizada, numa zona restrita e amarelada, um mineral de ferro hidratado, denominado goethita. O resultado do ensaio de abrasão "los Angeles" revela uma perda de 80%, bastante acima das normas preconizadas, contudo a produção de agregados finos, médios e graúdos durante a britagem compensa essa perda, porque são os arranjos desses grãos nos corpos de prova que irão comandar a resistência do concreto constituído pelo conglomerado ferruginoso laterítico. Os ensaios de abrasão "los Angeles", tenacidade e esmagamento revelam perda excessiva, em face ao grau de alteração diferencial da rocha conglomerática, contudo não se descarta a utilização desse conglomerado ferruginoso, uma vez que é a composição granulométrica irá comandar a resistência do concreto.

Quadro 1. Resumo dos ensaios tecnológicos do agregado (conglomerado ferruginoso laterítico).

Tipo litológico Tipo de ensaios	Conglomerado ferruginoso	Método
	Valores médios	
Massa específica seca aparente g/cm ³	2,57	IPT-M-47
Massa específica saturada aparente g/cm ³	2,67	IPT-M-47
Porosidade aparente %	9,4	IPT-M-47
Absorção d'água em %	3,6	IPT-M-47
Tenacidade (impacto Treton) %	64	IPT-M-52
Ensaio de esmagamento %	49	IPT-M-53
Abrasão Los Angeles %	80	ABNT-MB-170
Compressão axial simples-tensão de ruptura Mpa kgf/cm ²	29,1 a 42,3	IPT-M-50
Forma dos fragmentos	Cúbico	IPT-M-49
Sanidade: peneiras (1", 3/4" e 1/2", 3,8")	2,53 e 7,46	DNER-DPT-M- 89-64

Os resultados dos ensaios realizados nos corpos de prova do concreto estão configurados na Tabela 7, onde foi dado destaque a resistência final alcançada aos 28 dias de idade de cura do concreto moldados em corpos prova de 10x30 cm e 5x10 cm, tendo sido efetuado correções no volume do agregado obtido após a britagem, momento esse em foi adicionando 50% em peso relativo

ao material passante na peneira 4,8mm, quando se conseguiu uma adequação granulométrica do material obtido na britagem/rebritagem relacionado a curva teórica de "Füller", atingindo resistência máxima de 31,7 MPa. O estudo teve uma série de tentativas experimentais pertinentes ao acréscimo de frações granulométricas corretivas que pudessem oferecer uma curva granulométrica geometricamente semelhante a curva teórica de "Füller".

As correções granulométricas englobaram retirada de material/agregado, assim como acréscimo de material/agregado em função da curva granulométrica resultante. O cimento Portland e a água foram adicionados nas proporções com o traço 1:4 e com a/c (fator água/cimento) 0,45 atingindo o objetivo final do estudo, qual seja grande ganho de resistência no valor de 31,7 Mpa. Os valores maiores alcançados foram devido ao fato dos agregados/material pétreo possuírem uma quase perfeita sanidade.

Tabela 7. Valores de resistência à compressão simples em MPa, idade de cura em dias, abatimentos (slump test) em cm e consumo de cimento kg/m³ - ABNT-MB-3-37.

Tipo litológico	Traço	Fator a/c	Resistência compressão Simples MPa Idade (Dias)			Slump test (cm)	Consumo de cimento kg/m ³
			3	7	28		
Conglomerado Ferruginoso Laterítico britado com 2" sem adição de material passante na peneira 4,8 mm	1:6	0,59	10,5	16,6	18,3	4,5	365,1
Conglomerado Ferruginoso Laterítico							
Conglomerado Ferruginoso Laterítico britado com 1 ^{1/2} " tal como saiu do britador britado com 2" e rebitado com 1" e adicionando 50% de material passante na peneira 4,8mm	1:4	0,45	14,1	19,2	31,7	3,5	427,3
	1:4	0,45	20,3	22,6	33,9	5,0	478,4
		0,50	18,6	23,6	31,1	5,5	467,2
	1:6	0,45	18,2	29,6	34,2	1,0	362,3
		0,50	14,1	19,2	21,8	3,5	355,8

7 DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

A discussão dos resultados tem um aspecto especial, porque se fez desse trabalho/estudo um desafio no sentido de aproveitar um material incluído na categoria de material não convencional, no caso o conglomerado ferruginoso laterítico, denominado popularmente de "pedra caroço". O fato de britar o material primeiramente num britador primário e rebritar num britador secundário foi uma maneira de eliminar ao máximo as frações alteradas, onde o cimento ferruginoso alterado permitiu o desgarramento dos grãos de quartzo do cimento vindo a fornecer tanto o agre-

gado graúdo como o agregado miúdo ao mesmo tempo. Nesse trabalho/estudo o conglomerado ferruginoso laterítico foi definido e classificado segundo a Sociedade Internacional de Mecânica das Rochas e que possui a seguinte variação de resistência à compressão axial: EB - extremamente brando - menor que 0,5 MPa até 1 MPa. MUB - muito brando - maior que 1 até 5 MPa. B - brando - maior que 5 MPa até 25 MPa. MDR - moderadamente resistente - maior que 25 MPa até 50 MPa. R - resistente - maior que 50 MPa até 100 MPa. 61 MUR - maior que 100 MPa até 250 MPa. ER - maior que 250 MPa até 700 MPa.

Neste contexto, os valores de resistência à compressão simples obtidos pelo conglomerado ferruginoso no ensaio de compressão axial atingiram valor máximo de 42,3 e valor mínimo de 29,1. Assim sendo, o conglomerado ferruginoso laterítico foi considerado uma rocha moderadamente resistente a resistente.

O desafio foi descobrir como fazer desta rocha um material adequado e suficiente para uso em concreto de cimento Portland e que somente após a realização de muitos ensaios de granulometria fazendo se a comparação das curvas granulométricas após britagem com a curva granulométrica teórica de "Füller" e constatando quais frações granulométricas poderiam ser acrescentadas ao conjunto do conglomerado ferruginoso laterítico obtido quando britado. O grau de alteração diferencial da rocha foi o aspecto que praticamente ditou a liberação dos grãos de quartzo cimentados que se desgarram após serem acionados pelo britador. A adição de outras frações granulométricas complementares ao conglomerado ferruginoso britado faz diminuir significativamente o índice de vazios do conjunto britado, tornando a massa geral do conglomerado mais resistente e com menor consumo de cimento

O contraste de resistência entre uma rocha sedimentar branda e uma rocha ígnea cristalina é grande, uma vez que no caso da rocha cristalina de Rosário, utilizada na região possui resistência à compressão axial simples de 116,5 MPa, enquanto o conglomerado ferruginoso laterítico possui uma resistência variando de 29,1 a 42,3 MPa, Mesmo existindo grande diferença entre os agregados, um cristalino e o outro sedimentar, as resistências de seus respectivos concretos com cimento Portland são semelhantes, ou seja, as areias finas, as médias, as grossas e os pedregulhos ficaram convenientemente arranjados nos corpos de prova e assim controlaram a resistência do concreto. Quanto aos teores de SiO_2 apresentou variação de teores entre 8,0 a 8,8%, enquanto o Fe_2O_3 apresentou variação de teores entre 75,6 % a 76,5 %.

8 CONCLUSÕES

O conglomerado ferruginoso laterítico (laterita/agregado laterítico) de São Luís no estado

do Maranhão, usado neste estudo, como agregado pétreo em concreto de cimento Portland é basicamente uma rocha sedimentar composta de grãos de quartzo (de areias finas, médias, grossas e pedregulhos), com todo o seu conjunto granulométrico praticamente cimentado por óxidos ferruginoso O conglomerado ferruginoso laterítico foi submetido ao intemperismo físico-químico diferencial, com distribuição errática, concentrando em sua estrutura sedimentar cimentada, núcleos com diferentes graus de alteração, cuja variação é de difícil controle, em face à anisotropia da dita rocha. Esse conglomerado sedimentar é considerado moderadamente resistente, segundo a Sociedade Internacional de Mecânica das Rochas, com valores maiores que 25 MPa até 50 MPa. No presente estudo esse conglomerado/rocha atingiu valores entre 29,1 a 42,3 MPa. O conglomerado apresentou características tecnológicas satisfatórias com base nos resultados obtidos através dos ensaios tecnológicos de laboratório, principalmente quando se tem em mente que o uso da laterita tem sido uma alternativa de aplicação em regiões destituídas de material pétreo cristalino, como é caso da região norte e nordeste do Brasil.

Assim sendo quando se verifica que ao comparar os ensaios de granulometrias realizados nos conglomerados ferruginosos lateríticos da jazida 19 do Maracujá, observa se que essa rocha sedimentar, quando submetido inicialmente a uma britagem primária com mandíbula regulada em 2" e posteriormente submetido ao britador secundário com abertura da mandíbula regulada em 1" oferece um agregado de melhor qualidade, em contraste com esse mesmo conglomerado, quando apenas submetido ao britador primário, com mandíbulas reguladas apenas em 2", porque a re-britagem elimina frações alteradas remanescentes contidas no agregado britado com diâmetros maiores.

O conglomerado ferruginoso laterítico, tanto o alterado quanto o menos alterado, se esfacelam pelas forças de compressão das mandíbulas de britagem fazendo destruir a sua matriz. Nesse sentido, os componentes da massa rochosa desgarram se ou desagregam se e transformam se em areias finas, médias, grossas, pedregulhos e finos (silte), vindo a apresentar uma curva granulométrica resultante do processo de britagem/rebritagem, o

que oferece margem a comparar essa granulometria resultante com a curva granulométrica teórica de "Füller" e sinalizando para necessidade de correção da curva granulométrica para se atingir melhores arranjos dentro da massa de concreto e conseqüente maior resistência dos corpos de prova do concreto de cimento Portland.

Dessa forma, a comparação granulométrica obtida permite visualizar todo e qualquer possível ajuste da curva granulométrica gerada pela britagem do conglomerado ferruginoso laterítico à curva granulométrica teórica de "Füller", com adição ou retirada de materiais finos e graúdos, até o limite técnico necessário, assim oferecendo um agregado perfeitamente ajustado e ideal referente à curva granulométrica teórica de "Füller", para uso em concreto de cimento Portland.

O material/agregado laterítico resultante da britagem se ajustado à curva granulométrica teórica de "Füller" produz um arranjo interno bastante compacto e com índice de vazios diminutos e quando moldado em um corpo de prova de concreto, oferecerá maior resistência aos esforços advindos das solicitações físico - mecânicas a que for submetido o concreto de cimento Portland, uma vez que esse arranjo proverá um menor índice de vazios.

Os corpos de prova de concreto nesse estudo utilizando o conglomerado ferruginoso laterítico atingiu uma resistência máxima de 31,7 MPa, porque essa rocha foi primeiramente britada em um britador primário com mandíbulas reguladas com abertura de 2" e depois rebritado num britador secundário com 1" de abertura das mandíbulas. Os corpos de prova de concreto de cimento Portland foram moldados com um traço de 1:4 e numa proporção de água cimento (a/c) de 0,45. Neste caso se efetuou correção granulométrica adicionando 50% de material passante na peneira 4,8mm, sobre a massa total do conglomerado laterítico ferruginoso pertencente ao volume do material usado na confecção dos corpos de prova de concreto. Em estudos anteriores a resistência máxima atingida foi de uma britagem primária e posteriormente a uma britagem secundária, com vistas a destruir as frações alteradas do agregado laterítico minimiza o impacto causado pela presença desse agregado no concreto que contenha no seu interior frações alteradas, que poderão definir uma fuga de resis-

tência no concreto e assim facilitando o rompimento do corpo de prova preferencialmente pela agregado alterado, o que está contra a boa prática de Engenharia.

A tarefa mais difícil no que concerne ao uso da laterita da ilha de São Luís no estado do Maranhão para concreto é a distinção entre o grau de alteração dos tipos rochosos lateríticos em uma mesma jazida, cuja característica real de alteração é somente conhecida após britagem e após respectivo conhecimento da curva granulométrica obtida após realização do ensaio de granulometria. Na prática é a primeira britagem que sinaliza a existência de alteração da rocha, sendo confirmada quando se efetua a rebritagem, ou segunda britagem.

A exploração da laterita na ilha de São Luís no estado do Maranhão, adota na prática um critério desordenado e predatório na exploração deste material. Primeiro porque o uso do material não contempla uma separação por qualidade hierarquizada e concordante com sua potencialidade, conforme os ditames tecnológicos e científicos. Em segundo lugar, porque permite a geração de grandes áreas totalmente desmatadas e erodidas e em fase de erosão, com conseqüências catastróficas ao meio ambiente.

Com base no presente estudo incluindo o cadastro de todas as jazidas/lavras/pontos de laterita, em número de 47 jazidas foi comprovado existir uma intensa degradação ambiental, em função das cicatrizes deixadas pela lavra da laterita, como se pode observar nos caminhamentos de superfície e nas imagens de satélite. A substituição das areias aluvionares pelas areias obtidas no processo de britagem da laterita, diminuirão mutuamente e significativamente o passivo ambiental.

Por fim, salienta-se a necessidade de estudos complementares de durabilidade do concreto produzido com o Conglomerado Ferruginoso Laterítico, tal como foi processado para ser aplicado neste trabalho, focando questões como ataque por sulfatos, carbonatação, ataque por cloretos e reação álcali-agregado. Estes estudos visam aprofundar o entendimento do comportamento de concretos, em idades avançadas, quando especialmente dosados para emprego em obras específicas.

REFERÊNCIAS

- Azevedo, A.B. 1983. A laterita Acreana utilizada como agregado graúdo no concreto. Seminário sobre o controle de resistência do concreto, IBC, Instituto Brasileiro do Concreto, 1983.
- Bennett, S.A., Atkinson, W.W., Kruse, F.A. 199). Use of Thematic Mapper imagery to identify mineralization in the Santa Teresa district, Sonora, Mexico. *International Geology Review*, 35, 1009- 1029.
- Carvalho, J.B.Q. 1984. Lateritic aggregate use to fabricate concrete. *Bulletin of International Associate of Engineering Geology*, Paris, V. 30, 18 p.
- Chagas Filho, M.B. 2005. Estudos de agregados lateríticos para utilização em concretos estruturais. Tese de Doutorado apresentada na UFCG, 343 p.
- Crósta, A. & Moore, J.M. 1989. Enhancement of Landsat Thematic Mapper imagery for residual soil mapping in SW Minas Gerais State, Brazil: a prospecting case history in Greenstone belt terrain. In: *Proceedings of the Seventh thematic conference on Remote Sensing for Exploration Geology*. Proceedings, ERIM, Calgary, p. 1173-1187.
- Dobereiner, L. 1987. Geotecnia de arenitos bran- dos. Síntese de tese 08 da Associação Brasileira de Geologia de Engenharia, São Paulo, 32 p.
- Ferro, J.G. 1976. A influência da Cal nas propriedades de engenharia de Solos Lateríticos. Dissertação de Mestrado, UFP, Campina Grande, 128 p.
- Frazão, E.B. 2002. Tecnologia de Rochas na Construção Civil, Editora Palmas, São Paulo, 132 p.
- Gomes de Sousa, A.C. 1982. Algumas considerações sobre as possibilidades de utilização de laterita do Maranhão como agregado na composição do concreto. USP. 58.p.
- Medina, J. 1974. Estabilização de solos lateríticos: In: V CONGRESSO BRASILEIRO DE MECÂNICA DOS SOLOS E ENGENHARIA DE FUNDAÇÕES. São Paulo, ABMS, V. 2, p. 1-16.
- Mehta, P.K & Monteiro, P.J.M. 1994. Concreto: estrutura, propriedade e materiais - Editora Pini Ltda.
- Neville, A.M 2016. Propriedades do Concreto, Bookman Editora Ltda, Porto Alegre, Brasil , 887 p. 5a Edição
- Oliveira, J.E 2008. Comportamento geotecnológico de lateritas de S. Luís (MA) e suas resistências no concreto de cimento Portland. Dissertação de Mestrado apresentada na UFRJ, 129 p.
- Oliveira, J.E., Rotundo, O.C.F., Mello, E.F. 2019. Comparative study on resistance using various types of laterite from São Luís Island in the state of Maranhão - Brazil. *Bulletin of International Associate of Engineering Geology and Environment*. No prelo.
- Oliveira, J.E 2019. Potencialidade do CONGLOMERADO FERRUGINOSO LATERÍTICO da Ilha de São Luís do Maranhão utilizado no concreto de cimento Portland. Tese de Doutorado apresentada na Coppe - UFRJ, 314p.
- Petrucci, E.G. 1987. Concreto de cimento Portland, Editora Globo, Porto Alegre, 307 p
- Porto, C.G. 2004. Intemperismo e regiões tropicais. *Geomorfologia e Meio Ambiente*, Editora Bertrand Brasil, Rio de Janeiro, 372 p.



SEÇÃO ESPECIAL
RISCOS GEOLÓGICOS NO BRASIL

GESTÃO DE RISCOS E DESASTRES: UM CAMPO DE CONHECIMENTO EM CONTÍNUA EVOLUÇÃO E A GEOLOGIA DE ENGENHARIA E AMBIENTAL

RISK AND DISASTER MANAGEMENT: A CONTINUOUSLY EVOLVING FIELD OF
KNOWLEDGE AND THE ENGINEERING GEOLOGY AND ENVIRONMENT

FERNANDO ROCHA NOGUEIRA

Geólogo, professor do CECS-UFABC e do PPG-PGT-UFABC, pesquisador do LabGRis

RODOLFO BAESSO MOURA

Engenheiro ambiental e urbano, mestre e doutorando pelo PPG-PGT-UFABC, pesquisador do LabGRis

1 INTRODUÇÃO

Nos anais do sexto Congresso Brasileiro de Geologia de Engenharia, em 1990 (a ABGE ainda não tinha ganhado o A), três jovens e promissores profissionais publicaram o artigo “Risco geológico: uma nova área de atuação da Geologia de Engenharia no Brasil” (CERRI; MACEDO; AUGUSTO FILHO, 1990), que nos abria caminhos para um campo de conhecimento muito recente da ciência aplicada, já vislumbrado pelos pioneiros da geração anterior (PRANDINI, 1976; SANTOS; PRANDINI; OLIVEIRA, 1990).

Ao longo dos últimos 32 anos, profissionais do campo da Geologia de Engenharia estiveram presentes e atuantes no desenvolvimento de metodologias e instrumentos estruturantes da gestão de riscos e desastres - GRD no Brasil, como o Plano Preventivo de Defesa Civil - PPDC (CERRI et al., 1990), os mapeamentos (CERRI, CARVALHO, 1990) e mesmo o corpo conceitual dos Planos Municipais de Redução de Riscos - PMRR (CARVALHO; MACEDO; OGURA, 2007), iniciativas de monitoramento de riscos e alerta precoce (D’ORSI et al., 2004), as cartas geotécnicas (CERRI et al., 1996; DINIZ; FREITAS, 2013) de suscetibilidade (BITTAR, 2014) e aptidão (SOUZA; SOBREIRA, 2014; NOGUEIRA; CANIL, 2017) apontadas como indispensáveis no planejamento urbano pela Lei nº 12.608/2012.

Um número expressivo de profissionais dessa área também foi para o *front* das ações práticas de GRD, em organismos de proteção e defesa civil ou outras instituições públicas que interagem ou coordenam a GRD, e muitas delas se tornaram referências de boas práticas. As equipes técnicas do IG-SP (atual IPA) e do IPT, a valorosa equipe da Defesa Civil municipal de São Paulo, as antigas e atuais equipes das Prefeituras de Santos, São Bernardo do Campo, Recife, da URBEL de Belo Horizonte, do DRM do Rio de Janeiro e da GEO-Rio, de Blumenau e de tantas outras cidades brasileiras aplicaram o conhecimento da Geologia de Engenharia em práticas de diagnóstico de riscos, prevenção, mitigação, planejamento e atendimento de emergências e desastres e de reconstrução pós-desastre.

Exatamente por reconhecermos a importância e expressividade da Geologia de Engenharia e da ABGE na construção das políticas públicas de GRD no Brasil e, por isso, a influência significativa que o fórum dos leitores desta revista exerce junto à sociedade e aos tomadores de decisão, expressamos aqui nossa análise sobre o que se construiu no país no campo das políticas de GRD, suas limitações e insuficiências e, especialmente, sobre os novos e enormes desafios que se apresentam e demandam nossa ação.

2 UM CAMPO DE CONHECIMENTO E DE APLICAÇÕES PRÁTICAS QUE REFLETE OS CONFLITOS DO DESENVOLVIMENTO

Passadas três décadas, muitas águas rolaram, os desastres se intensificaram, os riscos ganharam uma dimensão conceitual que, no entendimento (otimista, a nosso ver) de Ulrich Beck (2010), é estratégica para entender o projeto histórico da modernidade, pois ao mesmo tempo em que a humanidade gera perigos, reconhece os riscos que produz e reage diante disso.

Nesse sentido, o Brasil é um país com cultura de precaução e prevenção notadamente frágil (NOGUEIRA; OLIVEIRA; CANIL, 2014), ainda que desastres socioambientais de todas as dimensões e naturezas marquem, de maneira abrangente, a história de construção desse território continental (NOGUEIRA et al., 2021). As estruturas de defesa civil se concretizaram nos estados apenas ao final dos anos 1960 e as experiências locais de gestão de riscos (ou seja, de buscas de medidas para prevenir e reduzir os impactos dos desastres) só começaram a aparecer como políticas pontuais em algumas poucas cidades ao final da década de 1980, como noticiam nossos colegas do primeiro parágrafo deste artigo.

Com a criação, em 2003, do Ministério das Cidades, algumas ações de mapeamento de risco em assentamentos precários e recursos para obras de mitigação começaram a delinear uma política nacional de GRD. Mas apenas em 2011, tentando reagir a uma sequência de grandes desastres e mais diretamente aos ocorridos nos municípios da serra fluminense, ceifando mais de 900 vidas, é que aconteceu o maior salto na construção de políticas públicas para esse enfrentamento.

Importantes avanços legais, como a Lei nº 12.608/2012, e institucionais, como o Programa 2040 do Plano Plurianual 2012-2015, marcam esse momento. Um entre os sessenta e cinco Programas Temáticos que compuseram essa inovadora peça do planejamento federal, o Programa 2040 introduziu a GRD em sua concepção mais integrada (que inclui os eixos estratégicos do conhecimento, da redução de riscos e da preparação para a resposta aos desastres) pela primeira vez ao orçamento da União, sob responsabilidade de diversos ministérios do governo federal. A criação e

instalação do Centro Nacional de Monitoramento e Alertas de Desastres Naturais (CEMADEN), no âmbito do Ministério de Ciência e Tecnologia, e do Centro Nacional de Gerenciamento de Riscos e Desastres (CENAD), no âmbito do Ministério de Integração Nacional, foram progressos relevantes nesse sentido.

A Política Nacional de Proteção e Defesa Civil – PNPDEC (Lei nº 12.608/2012), dispõe sobre o Sistema Nacional de Proteção e Defesa Civil – SINPDEC e o Conselho Nacional de Proteção e Defesa Civil – CONPDEC, apontou caminhos para a incorporação do meio físico e suas ameaças no planejamento urbano e territorial e na prevenção de desastres, sobretudo com a obrigatoriedade dos municípios elaborarem seus mapeamentos de áreas de riscos de desastres e as cartas geotécnicas (artigo 3º, parágrafo 2º, incisos I e V).

No entanto, esses progressos institucionais expressivos sofreram esvaziamento de sentido, de recursos, de estruturas e de aplicação à medida em que houve enorme recuo nas políticas públicas de proteção e na legislação dos direitos sociais no Brasil. Com o avanço do neoliberalismo na última década, houve enorme recuo nas políticas públicas de proteção à sociedade civil e na legislação dos direitos sociais no Brasil, com reflexo direto na GRD em sua forma tradicional, ineficiente frente a desastres cada vez mais recorrentes e diversos e, muito frequentemente, adotando, em nome da redução de risco, ações higienistas e antipopulares, promotoras de deslocamentos forçados e construção de novos riscos (MOURA et al., 2020) e ações “preventivas” basicamente restritas ao ordenamento territorial ainda muito dependente do exercício do “poder de polícia” (MORETTI, 2022).

A geógrafa francesa Yvette Veyret (2007) aponta que risco só existe para quem o percebe, analisa, compreende sua gravidade e alcance e, dessa forma, adota práticas específicas para enfrentá-lo, o que se compreende como gestão de riscos. Sem essa percepção e tomada de decisão/ação, só resta o desastre tido como “fatalidade”, resultado de forças imprevisíveis da natureza (nos desastres recentes, praticamente todos os governantes das localidades atingidas e mesmo alguns especialistas responsabilizaram as chuvas extremas) ou justificativas do gênero e, conseqüentemente, a busca improvisada de caminhos

para recuperar-se das perdas e danos resultantes. Os riscos de desastres no século XXI têm causas muito mais complexas do que a chuva intensa que deflagra inundações e deslizamentos ou, como outro exemplo, o descaso técnico que conduz à ruptura da barragem de rejeito. Gradativamente tem se firmado o entendimento de que os riscos não são naturais, mas sim construídos pela forma como a sociedade modifica o ambiente, se apropria dos seus recursos e ocupa os territórios.

Episódios de eventos climáticos extremos têm sido registrados com frequência cada vez maior e, efetivamente, as ações de prevenção, mitigação, resposta e recuperação ficam muito distante do mínimo necessário para o enfrentamento dessa nova conjuntura ambiental, seja por fragilidade das estruturas de proteção e defesa civil (MARCHEZINI et al., 2021), pela incapacidade dos governos em todos os níveis de desenvolver planos de adaptação e resistência às mudanças climáticas que incorporem ações efetivas de diagnóstico e redução de riscos (DE PIERRO; JACOBI, 2021), mas também pelo limitado empenho a que as ciências aplicadas têm se dedicado em buscar caminhos inovadores para a adaptação e enfrentamento. Apenas em fevereiro deste ano, o sexto relatório do Painel Intergovernamental de Mudanças Climáticas (IPCC, AR6/WG2, 2022) chama atenção para a necessidade de adaptação. O recém-lançado Relatório de Avaliação Global de Redução de Riscos de Desastres (UNDRR, 2022) destaca que (1) a emergência climática e os impactos sistêmicos da pandemia de COVID-19 apontam para uma nova realidade; (2) entender e reduzir riscos em um mundo de incertezas é fundamental para o desenvolvimento sustentável; e que (3) a melhor defesa contra impactos futuros é transformar sistemas agora e construir resiliência para enfrentar as mudanças climáticas, reduzindo as vulnerabilidades, exposição e iniquidades que constroem os desastres.

O relatório do Grupo de Trabalho 2 do IPCC (op.cit., 2022, p. 14) também traz essa percepção:

“A vulnerabilidade de pessoas e ecossistemas à mudança do clima é muito variável. Hoje, de 3,3 bilhões a 3,6 bilhões de pessoas vivem em locais ou contextos altamente vulneráveis à mudança do clima. Gênero, etnicidade e renda são fatores de aumento de vulnerabilidade. Nas cidades, por exemplo, que vêm sendo atingidas por

ondas de calor e outros impactos climáticos ampliados por problemas de desenvolvimento, as populações de favelas são afetadas de forma desproporcional” e “Entre 2010 a 2020, a mortalidade causada por enchentes, secas e tempestades foi 15 vezes maior nas regiões mais vulneráveis do que nas menos vulneráveis”.

Desde que entramos nesse barco da GRD fica mais claro que os desastres não são naturais, mas resultantes de fatores subjacentes, como pobreza, desigualdade social, mudanças demográficas, arranjos institucionais, políticas mal formuladas (UNDRR, 2015), ou, como sintetizam Romero e Maskrey (1993), “problemas não resolvidos do desenvolvimento”. Essa evolução se expressa em marcos internacionais importantes nos últimos 30 anos. Nos anos 1990, a Organização das Nações Unidas lançou a Década Internacional para Redução de Desastres Naturais (ONU, 1989), com foco nos desastres considerados naturais e nos aspectos técnicos e científicos para seu controle. Já na 1ª Conferência Mundial sobre Redução dos Desastres Naturais, em Yokohama, Japão (IDNDR, 1994) acontece amplo questionamento sobre a causalidade dos desastres. A perspectiva social dos desastres torna-se expressiva na 2ª Conferência Mundial sobre Redução de Desastres, em Kobe, Hyogo, Japão, realizada em 2005, que apontou como meta criar uma cultura de segurança e resiliência para melhorar a capacidade de as sociedades fazerem frente aos eventos extremos, tendo como resultado o Marco de Ação de Hyogo 2005-2015 (UNDRR, 2005). No Marco de Ação de Sendai, resultado da 3ª Conferência Mundial sobre a Redução de Risco de Desastres (UNDRR, 2015), reitera-se maior visibilidade aos fatores subjacentes que causam vulnerabilidades, tanto nas análises e diagnósticos quanto nas medidas práticas, apontando a governança e participação social como estratégicas.

Lavell e Maskrey (2014) expressam sólida crítica às práticas mundiais de GRD, incapazes de produzir resultados efetivos frente ao cenário de riscos crescentes associados às mudanças climáticas, apontando que isso se deve, essencialmente, a como os riscos e desastres são concebidos:

“A RRD como paradigma continua a ser impulsionada pela noção cada vez mais desatualizada de que desastres são choques exógenos e imprevistos que afetam os sistemas econômicos e sociedades que estão funcionan-

do normalmente em vez de indicadores endógenos de desenvolvimento fracassado ou distorcido, de processos econômicos e sociais insustentáveis e insanos e de sociedades mal adaptadas” (Lavell & Maskrey, 2014, p. 270-271, trad. pelos autores)

“[...] em essência, a RRD tornou-se um band-aid que é aplicado ao desenvolvimento, um airbag que infla (muitas vezes tarde demais) quando há uma crise, mas sob outras circunstâncias recebe muito pouca atenção ou financiamento” (Lavell & Maskrey, 2014, p. 272, trad. pelos autores).

3 O DESAFIO DE RECONSTRUIR CONCEITOS E POLÍTICAS, MÉTODOS E INSTRUMENTOS PARA UMA NOVA CONJUNTURA

Com muita frequência, temos a sensação de insuficiência e inadequação dos procedimentos metodológicos e dos nossos instrumentos técnicos, seja porque (1) priorizamos a análise dos processos geológico-geotécnicos e não atentamos à vulnerabilidade socioambiental dos meios expostos (CANIL; LAMPIS; SANTOS, 2020; NOGUEIRA et al., 2018), à construção social do risco num determinado território pelas formas de uso e ocupação do solo e de disponibilização de infraestruturas e serviços; (2) não consideramos a diversidade de ameaças associadas aos ambientes urbanos precários num cenário de extremos climáticos; (3) não demandamos a necessária multi/inter/transdisciplinaridade, e às vezes até mesmo a indisciplina (NOGUEIRA, 2002; NOGUEIRA; SCHWAB, 2007) para compreender a causalidade complexa dos riscos identificados e, por isso, apontamos intervenções insuficientes, pouco aderentes e inadequadas e (4) não agregamos à nossa análise os saberes locais. Uma análise de risco precisa resultar da mensuração dos componentes observáveis, no detalhamento em campo, mas também dos subjacentes (a vulnerabilidade, a resiliência, a governança do problema). Essa reflexão ampla e complexa só tem eficácia para qualificar a segurança (MORETTI; CANIL; CARVALHO, 2019) se formulada por meio da integração dos saberes técnico-científicos diversos aos saberes da gestão pública e das comunidades locais (SULAIMAN; JACOBI; ALEDO, 2019).

Nos últimos anos, a intensificação da pobreza e da crise urbana se soma à manifestação brutal das emergências climática, sanitária e de perda de biodiversidade (ARTAXO, 2020) cuja expressão mais trágica é a pandemia de COVID-19. Mais do que resgatar as políticas não aplicadas e esvaziadas, será necessário adaptá-las aos novos tempos. A GRD precisa integrar políticas de adaptação e resistência a essa conjuntura de crise ambiental, que deve afetar mais intensamente as cidades, onde vivem 85% dos brasileiros.

Um plano de adaptação para a GRD precisa contemplar, ao menos: (a) novas metodologias de mapeamento que identifiquem as áreas mais vulneráveis frente às ameaças climáticas (excessos e déficits de chuvas, ondas de calor, concentração de poluentes) e sanitárias (novas epidemias e doenças transmissíveis); (b) aplicar recursos emergenciais para qualificação sanitária e ambiental desses espaços mais vulneráveis das cidades; e (c) qualificar o atendimento de emergências e crises associadas a qualquer das ameaças que pairam sobre as nossas cidades para práticas antecipatórias aos desastres, recuperando a metodologia orientadora do PPDC para cenários multirrisco.

Vamos lá. Os profissionais da Geologia de Engenharia têm muito a contribuir na reconstrução da gestão de riscos socioambientais no Brasil, na revisão das metodologias e dos instrumentos técnicos, na coprodução de conhecimentos interdisciplinares sobre riscos e desastres, juntamente com atores da política e da sociedade, na participação em fóruns de governança de adaptação e resistência aos impactos das mudanças climáticas.

REFERÊNCIAS

- ARTAXO, P. As três emergências que nossa sociedade enfrenta: saúde, biodiversidade e mudanças climáticas. *Estudos Avançados*, [s.l.], v. 34, n. 100, p. 53-66, dez. 2020.
- BECK, U. *Sociedade de risco*. São Paulo: Editora 34, 2010.
- BITAR, O. Y. (org). *Cartas de suscetibilidade a movimentos gravitacionais de massa e inundações: 1:25.000: nota técnica explicativa*. São Paulo: IPT; Brasília: CPRM, 2014.

- CANIL, K. O Brasil e a Geologia no planejamento territorial e urbano: da perspectiva de Fernando Luiz Prandini ao ano de 2020. RBGEA, Volume 10, nº 1, 2020.
- CANIL, K.; LAMPIS, A.; SANTOS, K. L.. Vulnerabilidade e a construção social do risco: uma contribuição para o planejamento na macrometrópole paulista. Cadernos Metrópole, [s.l.], v. 22, n. 48, p. 397-416, 2020.
- CERRI, L. E. S.; CARVALHO, C. S. Hierarquização de situações de risco em favelas no município de São Paulo, Brasil - critérios e metodologia. In: I Simpósio Latino-Americano sobre Risco Geológico Urbano, 1990, São Paulo. Anais... São Paulo: ABGE, 1990. p. 150-157.
- CERRI, L. E. S.; MACEDO, E. S ; AUGUSTO FILHO, O. Risco geológico: uma nova área de atuação da geologia de engenharia no Brasil. In: Congresso Brasileiro de Geologia de Engenharia, VI, 1990, Salvador. Anais... São Paulo: ABGE, 1990. v. 1. p. 319-325.
- CERRI, L.E.S.; MACEDO E.S.; OGURA, A. T.; et al. Plano Preventivo de Defesa Civil para minimização das consequências de escorregamentos em municípios da Baixada Santista e Litoral Norte do Estado de São Paulo. In: SIMPÓSIO LATINO-AMERICANO SOBRE RISCO GEOLÓGICO URBANO. Anais... São Paulo: ABGE, 1990. p. 396-408.
- CERRI, L. E. S.; AKIOSSI, A.; AUGUSTO FILHO; O.; ZAINÉ, J. E. Cartas e mapas geotécnicos de áreas urbanas: reflexões sobre as escalas de trabalho e proposta de elaboração com o emprego do método de detalhamento progressivo. 8º Congresso Brasileiro de Geologia de Engenharia. Rio de Janeiro, 1996. p. 537-548.
- CARVALHO, C. S.; MACEDO, E. S.; OGURA, A. T. (org.). Mapeamento de Riscos em Encostas e Margem de Rios. Brasília: Ministério das Cidades; Instituto de Pesquisas Tecnológicas – IPT, 2007.
- DINIZ, N. C.; FREITAS, C. G. L. Cartografia geotécnica. In: COUTINHO, R.Q. (org.). Parâmetros para a cartografia geotécnica e diretrizes para medidas de intervenção de áreas sujeitas a desastres naturais. Brasília: UFPE, 2013.
- D'ORSI, R. N.; FEIJÓ, R.L.; PAES, N.M. 2.500 operational days of Alerta Rio System: history and technical improvements of Rio de Janeiro warning system for severe weather. In: IX INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON LANDSLIDES. Rio de Janeiro, 2004. p. 831-836.
- IDNDR - International Decade for Natural Disaster Reduction. Yokohama Strategy and Plan of Action for a Safer World: guidelines for natural disaster prevention, preparedness and mitigation. World Conference on Natural Disaster Reduction. IDNDR, 1994.
- IPCC, 2022: Summary for Policymakers. In: Climate Change 2022: Impacts, Adaptation, and Vulnerability. Contribution of Working Group II to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. PÖRTNER, H. -O.; ROBERTS, D. C.; TIGNOR, M.; POLOCZANSKA, E. S.; MINTENBECK, K.; ALEGRÍA, A.; CRAIG, M.; LANGSDORF, S.; LÖSCHKE, S.; MÖLLER, V.; OKEM, A.; RAMA, B. (eds.). Cambridge University Press. In Press.
- LAVELL, A.; MASKREY, A. The future of disaster risk management. Environmental Hazards, [s.l.], v. 13, n. 4, p. 267-280, 4 jul. 2014. Informa UK Limited.
- MARCHEZINI, V. et al. Diagnóstico de capacidades e necessidades municipais em proteção e defesa civil. 1. ed. Brasília: Secretaria Nacional de Proteção e Defesa Civil, 2021. v. 1. 84p .
- MORETTI, J. A. Gestão de risco e propriedade: um estudo de caso sobre qualificação da segurança em ocupações no centro de São Paulo. Tese (Doutorado em Direito, Faculdade de Direito, USP), 2022
- MORETTI, R. S.; CANIL, K.; CARVALHO, C. S. A abordagem de qualificação de segurança como contraponto ao enquadramento de risco. BRCidades. 2019.

- MOURA, R. B.; GONSALES, T. A.; NOGUEIRA, F. R.; COMARU, F. A.; BARBOSA, B. R.; ALHO, I. B. Remoções em áreas de risco: repensando práticas de mapeamento com base na justiça territorial e nos saberes da comunidade. In: MOREIRA, F. A.; ROLNIK, R.; SANTORO, P. F. (org.). Cartografias da produção, transitoriedade e despossessão dos territórios populares [livro eletrônico]: observatório de remoções - relatório bianual 2019-2020. São Paulo, 2020
- NOGUEIRA, F. R. Gerenciamento de riscos ambientais associados a escorregamento: contribuição às políticas públicas municipais para áreas de ocupação subnormal. Tese (Doutorado em Geociências), Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista - UNESP, Rio Claro, 2002.
- NOGUEIRA, F. R.; SCHWAB, N. Identificação e análise de riscos associados a múltiplos processos ambientais em assentamentos precários de Florianópolis, SC. e a lacuna da vulnerabilidade. In: SIBRADEN, 2, Santos, SP, 2007. Anais... ABGE, 2007.
- NOGUEIRA, F. R.; OLIVEIRA, V. E.; CANIL, K. Políticas públicas regionais para gestão de riscos: o processo de implementação no abc, sp. Ambiente & Sociedade, v. 17, n. 4, p. 177-194, dez. 2014.
- NOGUEIRA, F. R.; CANIL, K.. Cartas geotécnicas de aptidão à urbanização: instrumento de planejamento para prevenção de desastres e para a gestão do uso do solo. In: XVII Encontro Nacional da Associação Nacional de Pós-Graduação e Pesquisa em Planejamento Urbano e Regional, 2017, São Paulo, SP. Anais... São Paulo, SP: FAU-USP, 2017. v. 1. p. 1-15
- NOGUEIRA, F. R.; SULAIMAN, S. N.; VASCONCELOS, V. V.; SILVA, R. C.; CARVALHO, B. O. Mensuração de vulnerabilidade na escala de detalhe para mapeamento de riscos: uma proposição inicial. In: CBGE, 16., 2018, São Paulo. Anais... São Paulo: ABGE, 2018.
- NOGUEIRA, F.R.; CAMPOS, F.S.; SULAIMAN, S.N.; ALHEIROS, M.M. Cenários de risco no Brasil. In: SULAIMAN, S.N. (coord.) GIRD+10: caderno técnico de gestão integrada de riscos e desastres.1.ed. Brasília: MDE,SEDEC, 2021. p.51-86
- ONU - Organização das Nações Unidas. International Decade for Natural Disaster Reduction. A/RES/44/236, United Nation, General Assembly, 22 Dez., 1989
- PIERRO, B.; JACOBI, P.R. Crise ambiental e pandemia: descaminhos no Brasil e rumos para uma nova governança. Fronteiras, Volume n.2, 2021. <https://doi.org/10.21664/2238-8869.2021v10i2.p09-25>
- PRANDINI, F. L. O Brasil e a Geologia no planejamento territorial e urbano. In: Congresso Brasileiro de Geologia de Engenharia, I,1976, Rio de Janeiro. Anais... São Paulo: ABGE, 1976. Reeditado na RBGEA, Volume 10, nº 1, 2020.
- ROMERO, G.; MASKREY, A. Como entender los desastres naturales. In: MASKREY, A. (org.). Los desastres no son naturales. La RED: Bogotá, 1993.
- SANTOS, A. R.; PRANDINI, F. L.; OLIVEIRA, A. M. S. Limites ambientais do desenvolvimento: geociências aplicadas, uma abordagem tecnológica da biosfera. São Paulo: Artigo técnico da Associação Brasileira de Geologia de Engenharia (ABGE), 1990. 20p.
- SOUZA, L. A.; SOBREIRA, F. G. Guia para Elaboração de Cartas Geotécnicas de Aptidão à Urbanização Frente aos Desastres Naturais. 1. ed. , 2014. v. 1. 68p
- SULAIMAN, S. N.; JACOBI, P. R.; ALEDO, A. T. Riscos e desastres naturais: contribuições da Ciência Pós-normal para um novo paradigma de conhecimento e gestão. In: JACOBI, P. R. et al. (org.) Ciência Pós-normal: ampliando o diálogo com a sociedade diante das crises ambientais contemporâneas. São Paulo: FSP-USP, 2019.
- UNDRR (org.). SUMMARY of the Hyogo Framework for Action 2005-2015: Building the Resilience of Nations and Communities to Disasters (Hyogo Framework). [s.I.]: UNISDR, 2005.

UNDRR (org.). Sendai Framework for Disaster Risk Reduction 2015-2030. The United Nations Office for Disaster Risk Reduction, Geneva, 2015.

UNDRR. Global Assessment Report on Disaster Risk Reduction 2022: Our World at Risk: Trans-

forming Governance for a Resilient Future. Summary for Policymakers. Geneva, 2022.

VEYRET, Y. (org.). Os riscos: o homem como agressor e vítima do meio ambiente. [tradutor Dilson Ferreira da Cruz]. São Paulo: Contexto, 2007.

SISTEMAS DE ALERTAS DE RISCO DE DESASTRES: PANORAMA ATUAL E DESAFIOS PARA SUA CONSOLIDAÇÃO NO CONTEXTO BRASILEIRO

DISASTER RISK ALERT SYSTEMS: CURRENT OUTLOOK AND CHALLENGES
FOR THEIR CONSOLIDATION IN THE BRAZILIAN CONTEXT

SILVIA MIDORI SAITO

Centro Nacional de Monitoramento e Alertas de Desastres Naturais (Cemaden) silvia.saito@cemaden.gov.br

MARCIO ROBERTO MAGALHÃES DE ANDRADE

Centro Nacional de Monitoramento e Alertas de Desastres Naturais (Cemaden) márcio.andrade@cemaden.gov.br

CARLA CORRÊA PRIETO

Centro Nacional de Monitoramento e Alertas de Desastres Naturais (Cemaden) carla.prieto@cemaden.gov.br

GRAZIELA BALDA SCOFIELD

Centro Nacional de Monitoramento e Alertas de Desastres Naturais (Cemaden) graziela.scofield@cemaden.gov.br

1 INTRODUÇÃO

Os recentes impactos dos desastres deflagrados por eventos de chuvas extremas no Brasil levantaram questionamentos sobre o que poderia ter sido feito de forma a evitá-los. Durante a temporada chuvosa de outubro de 2021 a junho de 2022, significativos impactos econômicos, ambientais e humanos associados a deslizamentos e inundações ocorreram principalmente nas regiões Sudeste e Nordeste do país. Diferentes cenários de desastres foram registrados, como aquele em que centenas de municípios foram afetados simultaneamente pelas chuvas na Bahia e Minas Gerais, ou o episódio em fevereiro, que provocou mais de duzentas mortes em Petrópolis, na região Serrana do Rio de Janeiro. No final de maio e início de julho de 2022, vários municípios nos estados de Pernambuco e Alagoas também registraram diversos danos materiais e humanos. Para a maior parte dessas situações, alertas foram enviados por órgãos estaduais e federais do sistema nacional de proteção e defesa civil.

A partir desses cenários, compartilhamos reflexões sobre o panorama atual e os desafios existentes para avançarmos em um sistema de alertas eficiente e capaz de auxiliar na gestão de risco de

desastres no país. Nossa atenção se volta sobretudo a três dimensões, isto é, técnica, científica e social-institucional, motivada especialmente pela experiência dos autores que atuam no Centro Nacional de Monitoramento e Alertas de Desastres Naturais (Cemaden), unidade de pesquisa do Ministério de Ciência, Tecnologia e Inovações. Ainda que o Cemaden atue no monitoramento de outras ameaças, esta análise se restringe ao contexto de inundações, enxurradas e deslizamentos. A questão da seca, por exemplo, pode ser tema para outra avaliação, diante das especificidades técnicas, científicas e operacionais que a envolvem.

O Cemaden foi criado em julho de 2011, como parte do Plano Nacional de Gestão de Riscos e Resposta a Desastres Naturais (PNGRRDN), com recursos previstos no Plano Plurianual 2012-2015, do governo federal. Além do monitoramento e alerta, outras ações também estavam contempladas no PNGRRDN, como os mapeamentos de risco de deslizamentos, enxurradas e inundações, elaborados pelo Serviço Geológico do Brasil; as obras estruturantes, a cargo do Ministério das Cidades; e ações de resposta e fortalecimento das defesas civis, sob responsabilidade do Ministério da Integração Nacional.

A missão do Cemaden, definida em seu Plano Diretor (Cemaden, 2019), é “desenvolver e disseminar conhecimentos científico-tecnológicos e realizar o monitoramento e a emissão de alertas para subsidiar a gestão de riscos e impactos de desastres naturais.” Desde dezembro de 2011, o Cemaden tem realizado o monitoramento ininterrupto e emissão de alertas para municípios que apresentam áreas de risco a deslizamentos, inundações e enxurradas. No início de sua atividade operacional, em dezembro de 2011, o número de municípios monitorados era 56; alcançando 1038, em julho de 2022. À medida que esses números aumentavam, diversas ações foram necessárias, desde a implementação de uma rede observacional à articulação interinstitucional, que serão discutidas a seguir.

2 DIMENSÃO TÉCNICA: “É PRECISO MONITORAR PARA PREVER OS CENÁRIOS DE RISCO DE DESASTRES”

O monitoramento dos processos geo-hidrológicos é realizado na Sala de Situação do Cemaden, por equipes multidisciplinares 24 horas por dia, 7 dias por semana. A cada turno, trabalham especialistas das áreas de meteorologia, hidrologia, geociências e desastres naturais. Para realizar o monitoramento são necessários dados instantâneos de precipitação e de nível dos rios dos municípios monitorados, e daqueles a montante, além de previsão meteorológica. A equipe de especialistas analisa os riscos geo-hidrológicos, a partir das condições do tempo, da suscetibilidade aos processos, bem como da vulnerabilidade da população. O trabalho é feito através de consulta aos dados dos radares meteorológicos, das estações pluviométricas e hidrológicas do Cemaden e de seus parceiros estaduais e federais.

Desde 2013, o Cemaden adquiriu 3.375 estações pluviométricas, 9 radares meteorológicos, e 301 estações hidrometeorológicas, 135 PCDs geotécnicas com o objetivo de monitorar e alertar riscos geo-hidrológicos (Cemaden, 2019). Grande parte dos equipamentos foi instalada próxima às áreas de risco de inundação e/ou movimento de massa existentes nos municípios monitorados. Dados de instituições parceiras também são con-

sultados, como de radares disponibilizados pela Redemet, FUNCEME, Simepar, Defesa Civil de Santa Catarina, Alerta Rio, entre outros; além das redes hidrometeorológicas dos parceiros como INMET, APAC, ANA, SAISP, FUNCEME e INEA¹.

O SACE/CPRM disponibiliza informações para determinadas bacias hidrográficas e emite boletins de monitoramento, que são utilizados como base para emissão de alertas de risco hidrológico pelo Cemaden. Outra ferramenta utilizada para o monitoramento hidrológico é o *Global Flood Awareness System* (GLOFAS), que fornece informações sobre eventos de inundação por meio do modelo hidrológico e dados de previsão numérica do tempo. Os produtos utilizados são a porcentagem dos membros da previsão meteorológica por conjunto da vazão do rio que excede um determinado de tempo de retorno (2, 5 e 20 anos) nos pontos de controle em vários pontos do Brasil e a possibilidade da previsão por conjunto da vazão do rio exceder um período de retorno de 5 anos, entre outros.

Os alertas de risco de deslizamentos são enviados a partir dos cenários de risco, os quais são construídos com base nos mapeamentos de risco e no histórico de ocorrências, somados à precipitação observada, além da previsão meteorológica. Como avanço em produção de modelos de previsão de deslizamentos foi implementado “Método Comitê”, como resultado do Projeto GIDES (Projeto de Fortalecimento das Estratégias Nacionais para a Gestão Integrada em Riscos de Desastres Naturais). Este modelo associa os volumes de precipitação em curto e longo prazo e o histórico de ocorrências de um dado município, sugerindo, assim, a abertura de alertas quando os índices críticos estão próximos de serem atingidos. A despeito da grande demanda nacional, a aplicação desse método está restrita a poucos municípios no país.

¹ Redemet: Rede de Meteorologia do Comando da Aeronáutica, FUNCEME: Fundação Cearense de Meteorologia e Recursos Hídricos, Simepar: Sistema Meteorológico do Paraná, INMET: Instituto Nacional de Meteorologia do Brasil, APAC: Agência Pernambucana de Águas e Clima, ANA: Agência Nacional de Água e Saneamento Básico, SAISP: Sistema de Alerta a Inundações do Estado de São Paulo, INEA: Instituto Estadual do Ambiente do Rio de Janeiro SACE/CPRM: Sistema de Alerta de Eventos Crítico do Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais.

Técnicas de inteligência artificial são extremamente apropriadas para o ambiente operacional, tendo em vista que o histórico de eventos e o conhecimento existente sobre os fenômenos geo-hidrológicos dos municípios monitorados nos permitem a geração automática de cenários de risco em grande escala e com a rapidez exigida por a emissão de alertas antecipados. O desenvolvimento de ferramentas de “*Machine Learning (Artificial Neural Network, Decision Tree, Support-Vector Machine, etc)*”, ainda é um desafio que requer investimentos no sistema de alerta antecipado do Cemaden.

Como forma de antecipação aos cenários regionais de risco de inundações e deslizamentos, são publicadas diariamente no portal *online* do Cemaden, as Previsões de Risco Geo-Hidrológicos que apresentam as mesorregiões brasileiras com possibilidade de ocorrências de eventos, de acordo com a previsão meteorológica, e/ou acumulado prévio de chuva e características de suscetibilidade de cada região. Nota-se, portanto, a alta dependência de obtenção de dados das variáveis ambientais em tempo real para realizar o monitoramento pelo Cemaden.

As redes de estações hidrometeorológicas e de radares meteorológicos requerem manutenção periódica, para minimizar os problemas de recepção de dados. Há necessidade de se fazer a limpeza dos equipamentos devido à presença de folhas, insetos e outros tipos de sujeira, pois o valor da chuva será subestimado e desta forma o alerta poderá ser emitido tardiamente por não ter alcançado o limiar para determinado município. Somam-se, ainda, os problemas de furto e vandalismo de equipamentos.

Outro desafio consiste nas atualizações dos modelos de previsão numérica do tempo. Para o Brasil, a frequência das atualizações é baixa, uma vez que as saídas dos modelos ocorrem a cada 6 horas, enquanto que em alguns países, a atualização é feita a cada 3 horas e até mesmo com periodicidade horária. Desta forma, eventos de meso-escala (tempestade de verão - chuvas convectivas) poderiam ser detectados de forma mais precisa. Os especialistas da Sala de Situação consultam modelos de instituições parceiras como o CPTEC (*Global Forecast System-GFS*), INMET (*Consortium for Small-scale Modeling-COSMO*), além do

ECMWF (*European Centre for Medium-Range Weather Forecasts*).

Modelos hidrológicos para inundações usando previsão meteorológica por conjunto, ferramentas de previsão de enxurradas usando *nowcasting* e de modelos hidráulicos para zoneamento de áreas inundáveis e previsão de nível e mancha de inundação são ainda poucos diante da demanda, dado o elevado número de bacias hidrográficas monitoradas. Os mapeamentos e setorizações de risco são feitos por órgãos parceiros como o Serviço Geológico do Brasil (SGB/CPRM) e órgãos estaduais e municipais. Essas informações obtidas em campo auxiliam as equipes do Cemaden na tomada de decisão do envio de alertas, por haver descrição dos processos que podem ocorrer no município, além de serem compostos por fotografias e mapas. Atualizações dos mapeamentos das áreas e setores de risco são importantes para que a tomada de decisão se baseie em dados o mais próximo da realidade em cada município monitorado. Além disso, é preciso avançar em atualização de quantitativos e caracterização de pessoas expostas. Aqui identificamos um desafio a ser superado diante da intensa dinâmica territorial de ocupação em áreas de risco.

3 DIMENSÃO CIENTÍFICA: “É PRECISO CONHECER O RISCO PARA ESTAR PREPARADO”

O Cemaden na sua origem surge como uma estratégia nacional de integração voltada para a construção de um sistema de alertas antecipados de desastres de natureza geo-hidrológica, entre eles as inundações e os movimentos de massa. Para tanto, implantou uma ampla rede observacional que atualmente abrange cerca 25% dos municípios brasileiros e estabeleceu uma estrutura institucional formada por equipes operacionais, de desenvolvimento tecnológico e de pesquisa multidisciplinar.

O sistema de alertas do Cemaden representa o corolário do conhecimento produzido e acumulado por décadas nos diversos centros de pesquisa do Brasil e do mundo, que desenvolveram o conhecimento do risco baseado na necessidade de

informação sobre as diferentes ameaças e vulnerabilidades. Nesta direção, a evolução da dimensão científica do risco de desastres ainda pressupõe alguns desafios, entre eles:

- Aprofundar o conhecimento sobre a fenomenologia dos processos físicos relacionados às diferentes tipologias de inundações e movimentos de massa, identificando os principais agentes, causas e respectivos parâmetros passíveis de monitoramento remoto;
- Desenvolver protótipos de novos sensores para monitoramento remoto de parâmetros ambientais relacionados às inundações e movimentos de massa, de preferência de baixo custo, que permitam a integração em redes observacionais em escala local e regional;
- Proporcionar o maior diálogo e integração entre as diversas áreas técnicas e científicas visando consolidar a abordagem multidisciplinar para produção de conhecimento e efetivação de ações dirigidas a um sistema de alertas antecipados de desastres geo-hidrológicos; e, na mesma lógica estimular e desenvolver aplicações da matemática computacional em pesquisas relacionadas a desastres naturais;
- Estimular a implementação de laboratórios voltados a estudos de modelagem e simulação de processos físicos que envolvem o reconhecimento de mecanismos, agentes, causas e impactos potenciais dos desastres geo-hidrológicos;
- Fomentar a abertura de museus sobre desastres em municípios marcados por histórico de ocorrências de desastres naturais, tecnológicos e mistos; e na mesma lógica, divulgar a metodologia e conhecimento científico e histórico como importante ferramenta na gestão de desastres;
- Proporcionar a participação pública na ciência, co-produção de conhecimento científico por cientistas profissionais e amadores em diferentes níveis e etapas do processo científico, em uma abordagem de pesquisa transdisciplinar que permita a geração de conhecimento científico, educação científica e comunicação pública da ciência;
- Proporcionar ambientes de inovação tecnológica que favoreçam a revelação de demandas existentes por ferramentas operacionais nos sistemas de alertas; e na mesma lógica, transferir tecnologia para sistemas de alertas locais;
- Proporcionar balanços periódicos voltados à identificação de lacunas evidenciadas nos componentes que integram sistemas de alertas antecipados de desastres naturais, visando estabelecer uma linha do tempo histórica, consolidar os conhecimentos existentes, integrar diferentes grupos de pesquisa e inovação, buscando a melhoria do sistema nacional de proteção e defesa civil;
- Estimular a elaboração de linhas de pesquisa, induzir o estabelecimento e a publicação de editais de fomento financeiro, dirigidos para o desenvolvimento de projetos técnicos e científicos que atendam a demanda por conhecimento, serviços e infraestrutura voltados a melhoria contínua da gestão de desastres;
- Avançar no desenvolvimento de metodologias de avaliação e mapeamento de perigo que indiquem com maior precisão, no caso dos movimentos de massa, os mecanismos de geração de sedimentos, localização, frequência, volume e alcance; no caso das inundações, os mecanismos de geração de vazão e os índices de perigo baseado na velocidade e profundidade das áreas inundáveis;
- Avaliação de risco específica para os diferentes cenários de vulnerabilidade e condições geotécnicas que permita a elaboração de planos de contingência mais eficazes.

A definição das chuvas efetivas, responsáveis por alterar as características de resistência do solo em diferentes unidades geotécnicas, que permita determinar índices de chuva crítica e limiares operacionais para o sistema de alertas, constitui um desafio posto para as pesquisas em um território de dimensões continentais, complexa diversidade geológica e climática. Para tal, uma significativa base de dados tem sido acumulada e aqui reside também outro desafio que consiste em qualificar e integrar diferentes fontes, formatos e incertezas na contínua formação de uma base nacional de dados geotécnicos.

Os resultados assim esperados devem apontar para novos requisitos de monitoramento visando a produção de previsões mais assertivas para a emissão de alertas antecipados de movimentos de massa e inundações. Estudos pilotos precisam ser ampliados e a melhoria contínua da estratégia nacional entre os agentes científicos do Sistema Nacional de Proteção e Defesa Civil deve objetivar a integração dentro de uma agenda comum. Em campo, um desafio a mais se revela na necessidade de transposição do conhecimento científico gerado por especialistas para os diferentes públicos da sociedade e instituições de proteção civil visando a resiliência necessária para a convivência com o risco nos diferentes contextos observados no Brasil.

4 DIMENSÃO SOCIAL E INSTITUCIONAL: "É PRECISO COOPERAÇÃO PARA UM SISTEMA DE ALERTAS EFICAZ"

O Escritório das Nações Unidas para Redução de Risco de Desastres (UNDRR) recomenda que um sistema de alertas seja composto por quatro eixos (conhecimento do risco; monitoramento; disseminação e comunicação; e preparação), que devem trabalhar de forma sinérgica. Nota-se que são áreas de atuação de distintas instituições, evidenciando a necessidade de um trabalho articulado. A relevância da articulação interinstitucional na redução de risco de desastres já é destacada desde o Marco de Ação de Hyogo, 2005-2015. Para melhor contextualização de atuação sistêmica entre os diferentes atores em um sistema de alertas, pode-se evidenciar o protagonismo de universidades e centros de pesquisa para avançar no conhecimento das ameaças, vulnerabilidades e riscos; de órgãos federais, estaduais e municipais no monitoramento meteorológico e hidrológico; das instituições que compõem o sistema nacional de proteção e defesa civil para as atividades de preparação e resposta; da mídia e todos seus canais para comunicação de risco; e da população.

Um exemplo prático de atuação conjunta foi o Projeto GIDES. O Modelo Comitê foi desenvolvido em cooperação entre especialistas da Agência Japonesa de Cooperação Internacional (JICA) e do Cemaden, com apoio de técnicos das prefei-

turas de Blumenau, Nova Friburgo e Petrópolis, além dos governos estaduais de Santa Catarina e Rio de Janeiro. Nessa ação, reuniram-se esforços de desenvolvimento tecnológico e técnico-científico, juntamente aos usuários no nível local para aperfeiçoar o modelo. Outro exemplo, foram os cursos ministrados em 2017 e 2019, pela Casa Militar de São Paulo, o Serviço Geológico do Brasil e o Cemaden, tratando de modo integrado os temas de mapeamento, monitoramento e planos de contingência. O foco nessas formações foi apresentar métodos e ferramentas para que os participantes tenham autonomia para fazer a gestão em seu território, tornando-se mais pró-ativos e independentes.

De outro lado, a articulação entre União, estados e municípios também constitui relevante elo para um sistema de alertas. A sinergia entre os sistemas estaduais e municipais de monitoramento, sobretudo em relação aos níveis de alerta, também é de extrema importância. Cita-se o Plano Preventivo de Defesa Civil (PPDC) do estado de São Paulo, que considera os alertas do Cemaden em sua atividade operacional, prevendo inclusive a alteração de nível (São Paulo, 2021). Torna-se desejável, portanto, que outros sistemas também sejam coesos, de modo a garantir um fluxo coordenado de informações. Protocolos bem delineados com papéis e atribuições claras de cada ente são essenciais para que os alertas consigam subsidiar ações de preparação e resposta, minimizando potenciais disputas institucionais e sobreposição de atuação.

Finalmente, um desafio ainda a ser superado consiste em progredir na construção de um sistema participativo de alertas, em uma abordagem centrada nas pessoas, como recomendado pela UNDRR que envolva, em especial, a população, gestores públicos e cientistas (Basher, 2005). A priorização de abordagem técnica em detrimento daquela focada na população pode distanciar os usuários do sistema de alertas, reduzindo seu engajamento. Um sistema participativo proporciona espaços de aprendizado, diálogo e entendimento comum entre os entes interessados. Tal abordagem pode ser conduzida de diferentes maneiras, a exemplo das práticas em cartografia social ou do monitoramento das chuvas feito por pessoas voluntárias.

5 PERSPECTIVAS

Retomando à inquietação inicial, ou seja, sobre o que se poderia ter feito para reduzir os impactos dos desastres ocorridos de outubro de 2021 a junho de 2022, procuramos evidenciar que o investimento em sistema de alertas deve ir além de estruturar uma rede observacional, ou seja, não se restringe a monitorar as chuvas. Houve um avanço importante no país na estruturação da rede observacional e na aproximação com os órgãos municipais e estaduais de proteção e defesa civil. Contudo, para que os alertas subsidiem ações de preparação, a previsão e o monitoramento devem atuar de modo sistêmico com o conhecimento do risco, a comunicação e a preparação. Para contribuir ainda com a reflexão, destacamos mais duas ações para consolidação do sistema de alertas no país.

Ações educativas, no nível formal e não formal, a exemplo daquelas que vêm sendo desenvolvidas pelo programa Cemaden Educação, tem grande potencial para colaborar nessa direção. Abordar temas como identificação de riscos, população vulnerável, monitoramento e mapeamento participativo, entre outros, pode auxiliar para a formação de sociedade mais bem preparada para conviver com os riscos de desastres. Esses temas podem ser tratados em ambiente escolar, ou em formação para profissionais que atuam em proteção e defesa civil. Nesse sentido, destacamos que mesmo diante de tantos recursos online e dados disponíveis, capacitações são importantes dado o perfil daqueles que estão à frente das defesas civis municipais no Brasil, seja pelo pouco tempo de experiência no cargo ou por serem de área distinta.

Ao longo dos últimos anos, conseguimos identificar algumas ações-chave que corroboram para um sistema de alertas de risco de desastres. Além dos pontos levantados nas seções anteriores, destacamos por fim, a necessidade de desenvolvimento de uma cultura nacional de autoproteção e prevenção. Essa é uma agenda impreterível, cuja pauta precisa incluir a articulação intersetorial nas esferas federal, estadual e municipal e sobretudo, a população.

REFERÊNCIAS

BASHER, R. Global early warning systems for natural hazards – systematic and people-centred. Published in Royal Society of London Transactions Series A, vol. 364, Issue 1845, pp.2167-2182. 2005 Disponível em: https://www.prevention-web.net/files/8153_8153Basherpaper1704061.pdf. Acesso em: 22 jul 2022

BRASIL – Presidência da República. Lei No 12.608, de 10 de abril de 2012. Institui a Política Nacional de Proteção e Defesa Civil – PNPDEC. Brasília, 10 abr. 2012a. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2011-2014/2012/Lei/L12608.htm. Acesso em: 05 jan. 2020.

CEMADEN. Plano Diretor 2019-2022. Disponível em: http://www2.cemaden.gov.br/wp-content/uploads/2019/06/Plano_Diretor_CEMADEN_2019-2022.pdf. Acesso em: 27 jul. 2022.

SÃO PAULO, Diário Oficial de São Paulo. 2 de dezembro de 2021. Disponível em: http://diariooficial.imprensaoficial.com.br/doflash/prototipo/2021/Dezembro/02/exec1/pdf/pg_0011.pdf. Acesso em: 26 jul. 2022.

UNISDR. Hyogo Framework for Action 2005 - 2015 Building the Resilience of Nations and Communities to Disasters. 2005. Disponível em: <https://www.unisdr.org/2005/wcdr/intergover/official-doc/L-docs/Hyogo-framework-for-action-english.pdf>. Acesso em: 20 jul. 2022

NOVAS TECNOLOGIAS APLICADAS À GESTÃO DE RISCOS

NEW TECHNOLOGIES APPLIED TO RISK MANAGEMENT

ALESSANDRA CRISTINA CORSI

Geóloga, Instituto de Pesquisas Tecnológicas do estado de São Paulo, São Paulo, accorsi@ipt.br

RESUMO ABSTRACT

Este artigo apresenta as tecnologias emergentes e inovações incrementais ou disruptivas que estão em desenvolvimento para aplicação na Gestão de Riscos. Cabe destacar que internacionalmente existe um grande esforço de aplicações disruptivas focadas no atendimento à emergência, porém inovações incrementais com foco em planejamento urbano também são abordadas. A aplicação de tecnologias disruptivas ao gerenciamento de riscos e de desastres varia em ritmo, escopo e impacto. Os últimos anos viram um aumento acentuado de tecnologias emergentes, como a Internet das Coisas (IoT), robótica, drones, inteligência artificial (IA), *blockchain*, realidade virtual (VR) e realidade aumentada (AR). Possivelmente dentro de alguns anos, essas tecnologias desempenharão papéis importantes em diferentes aspectos da gestão de riscos.

Palavras-chave: inovação incremental, inovação disruptiva, tecnologia emergente, gestão de riscos.

This paper presents the emerging technologies and incremental or disruptive innovations that are under development for application in Risk Management. It should be noted that internationally there is a great effort of disruptive applications focused on emergency care, but incremental innovations focused on urban planning are also addressed. The application of disruptive technologies to risk and disaster management varies in pace, scope and impact. The past few years have seen a sharp rise in emerging technologies such as the Internet of Things (IoT), robotics, drones, artificial intelligence (AI), blockchain, virtual reality (VR) and augmented reality (AR). Possibly within a few years these technologies will play important roles in different aspects of risk management.

Keywords: incremental innovation, disruptive innovation, emerging technology, risk management

1 INTRODUÇÃO

Ao longo dos anos, novas tecnologias e incrementos nas já existentes foram desenvolvidas para melhorar a eficiência da Gestão de Riscos.

A necessidade crescente da utilização de novas tecnologias para a gestão de riscos tem aumentado nos últimos anos. Contudo, melhorias adicionais e novos métodos, além dos convencionais e tradicionais são urgentes e necessários, especialmente aqueles relacionados a causas subjacentes graves, como mudanças climáticas, pobreza, ur-

banização, aumento da densidade populacional e degradação ambiental. Além disso, o Marco de Sendai incentiva um acesso melhor e apoio à inovação e tecnologia, bem como o aumento do investimento para desenvolver soluções inovadoras que sejam econômicas e benéficas quando aplicadas em todas as fases da gestão de riscos. Ademais, uma forte colaboração entre as várias partes interessadas, como governos, academia, ONGs e setor privado é crucial para a aplicação de tecnologias e inovações (IZUMI et al., 2019).

O avanço tecnológico e a inovação criaram novas oportunidades para melhorar a resiliência e a redução de riscos. Desenvolvimentos em tecnologias disruptivas – como inteligência artificial (AI), Internet das Coisas (IoT) e Big Data – e inovações em áreas como robótica e drones estão transformando muitos campos, incluindo redução e gerenciamento de riscos e desastres. A rápida disseminação de infraestrutura e dispositivos digitais de suporte – como redes de banda larga sem fio, smartphones e computação em nuvem – criou a base para a aplicação de tecnologias disruptivas para gerenciamento de riscos e de desastres (ITU, 2019).

A aplicação de tecnologias disruptivas ao gerenciamento de riscos e de desastres varia em ritmo, escopo e impacto. Plataformas de mídia Social como Facebook e Twitter têm sido aplicadas em diversos eventos, e drones e IoT estão aumentando em uso à medida que a experiência é adquirida e os custos caem. Big data, robôs e IA permanecem amplamente experimentais, e impactos em larga escala exigirão mais tempo e investimentos em habilidades e pesquisa (ITU, 2019).

A IA pode ter um enorme impacto no gerenciamento de riscos e de desastres em relação à aceleração da recuperação e em tempo de resposta. Um número considerável de pesquisas estão atualmente sendo dedicadas ao uso de IA para detectar e possivelmente um dia prever terremotos, por exemplo. Os robôs tornaram-se mais sofisticados por meio da integração com microprocessadores e sensores. A crescente destreza dos robôs os torna adequados para situações de desastre, principalmente aquelas perigosas para humanos ou animais de resgate. As tecnologias tradicionais, embora não sejam consideradas disruptivas, continuam a desempenhar um papel crítico na gestão de riscos e de desastres, e também estão se beneficiando da digitalização (ITU, 2019).

A gestão do risco pode ser alcançada adequadamente por meio do uso de tecnologias disruptivas. A ideia é convergir os conceitos de tecnologia moderna e fatores ambientais. As tecnologias existentes podem ser usadas para desenvolver sistemas modernos para enfrentar os desastres. Isso pode ser feito melhor utilizando tecnologias

de forma econômica e inovadora. Muitos países desenvolvidos implementaram estratégias de inovação baseadas em Big Data, IA e IoT como áreas prioritárias para aplicação digital, segurança da informação, economia da informação, saúde pública, etc. (MUNAWAR et al, 2022).

Este artigo tem por objetivo apresentar as inovações tecnológicas de caráter incremental e as disruptivas empregadas na gestão de riscos e na gestão de desastres.

2 INOVAÇÃO TECNOLÓGICA

A rápida disseminação de infraestrutura e dispositivos digitais criou um imenso potencial para o uso de tecnologias disruptivas para a gestão de riscos.

Os últimos anos viram um aumento acentuado de tecnologias emergentes, como a Internet das Coisas (IoT), robótica, drones, impressão 3D, inteligência artificial (IA), blockchain, realidade virtual (VR) e realidade aumentada (AR). Possivelmente dentro de alguns anos, essas tecnologias desempenharão papéis cruciais em diferentes aspectos da gestão de riscos (SHAW, 2020).

O primeiro uso documentado de um drone, por exemplo, foi em 2005, após o furacão Katrina nos Estados Unidos. Desde então, os drones têm sido usados extensivamente na estimativa de danos pós-desastre em diferentes países, e sua proliferação foi particularmente notável em 2011 no leste do Japão após o terremoto, o tsunami e o acidente nuclear. A inteligência artificial tem sido utilizada para gerenciamento de dados emergenciais, especialmente para gerenciamento de redes sociais e big data. No Japão, o uso de robôs tem sido promovido de forma proativa, especialmente em operações de busca e salvamento. Gradualmente, essas tecnologias estão se tornando pilares mais fortes na inovação em gestão de riscos. No entanto, uma questão importante não é a tecnologia nova/emergente, mas como ela pode ser usada em conjunto com os mecanismos de governança adequados e com o aprimoramento das capacidades em diferentes países e comunidades (SHAW, 2020).

2.1 Satélite

Na área de satélites a utilização de nano e micro-satélites chamam a atenção em função das dimensões menores e simplicidade de funcionamento e apresentam-se como alternativas atrativas e economicamente viáveis para as empresas do setor. São vastas as possibilidades de aplicação dos nano satélites, sendo aquelas relacionadas a Internet das Coisas (IoT) e machine-to-machine (M2M) as que mais chamam a atenção atualmente. Essas ferramentas em conjunto poderão mudar a gestão de riscos e outras áreas (OECD, 2020).

O desenvolvimento e aplicação de sistemas hiperspectrais, *Light Detection and Ranging (LiDAR)* e dos radares, merecem destaque, e são capazes de fornecer imagens mesmo com alta cobertura de nuvens. As aplicações com essas imagens podem ser utilizadas em ambiente construído para diferenciar tipos de materiais, modelos digitais de terreno com maior precisão bem como dados abaixo do terreno (OECD, 2020).

As imagens de satélite podem fornecer resolução suficiente para mapear a exposição (ou seja, os ambientes construídos e naturais, incluindo edifícios e infraestrutura, bem como culturas e ecossistemas naturais) e podem fornecer resolução suficiente para avaliar a área impactada por um evento de desastre (por exemplo, terrenos não cobertos anteriormente por água, edifícios e ativos de infraestrutura que sofreram danos estruturais e declínios na intensidade da luz noturna indicando interrupção na disponibilidade ou demanda de energia) (OECD, 2020).

2.2 Drone

Os veículos aéreos não tripulados (UAV ou VANT) foram inicialmente desenvolvidos para uso militar. Desde então, foram aplicados em diferentes usos, como fotografia aérea e entrega de pacotes. Os drones são atraentes para uso, pois podem voar onde as aeronaves tripuladas não podem. Eles também podem voar em baixas altitudes, superando a falta de visibilidade quando há cobertura de nuvens e, portanto, as imagens dos drones têm resolução mais alta que as de satélite (ITU, 2019).

Além dos drones aéreos também estão em desenvolvimento os drones subaquáticos, veículos submarinos não tripulados (UUV) que podem ser utilizados para medir a intensidade e a direção de tempestade, por exemplo. Uma diferença fundamental entre drones subaquáticos e os drones aéreos é que o GPS não funciona debaixo d'água, então os drones subaquáticos são amarrados, limitando seu alcance (ITU, 2019).

A utilização de veículos aéreos não tripulados ou drones está cada vez mais comum, e merece destaque o desenvolvimento de sensores do tipo LiDAR e câmeras digitais de alta resolução aliadas aos softwares de tratamento de dados que permitem rapidez na aquisição de dados para a utilização na gestão de riscos em todas as suas etapas (OECD, 2020).

Há certamente uma limitação da tecnologia dos drones, como tempo de bateria, carga física máxima, poder de processamento e manobras em más condições meteorológicas. O poder de processamento dos computadores instalados em placas-mãe em drones não é comparável ao poder de processamento de máquinas de servidores de computador. Portanto, ao usar drones para problemas de monitoramento de desastres, como coleta de uma grande quantidade de dados, devem ser consideradas as condições climáticas ruins, a variedade de diferentes fontes de dados, o fornecimento de energia instável, a rede de comunicação de energia e falhas imprevisíveis devem ser mantidas em mente (MUNAWAR et al, 2022).

2.3 BIG DATA

Quanto ao processamento e análise dos dados merecem destaque a computação em nuvem e ferramentas de Big Data.

Enormes quantidades de dados são geradas diariamente em todos os campos. Torna-se um processo complexo quando os dados provenientes de diferentes fontes são usados para a tomada de decisão. O principal objetivo do gerenciamento de big data é aumentar o valor e a acessibilidade dos dados para a tomada de decisões (MUNAWAR et al, 2022).

Uma variedade de ferramentas foi desenvolvida para apoiar a análise de grandes volumes de

dados. Essas ferramentas permitem a análise de dados estruturados e (cada vez mais) não estruturados (como dados de sensores, imagens, e-mails e dados de redes sociais) para identificar padrões, tendências e correlações (OECD, 2020).

O paradigma do Big Data que levanta preocupações relaciona-se com a proteção da privacidade. Um grande volume de dados pode ser coletado contendo informações de indivíduos que podem ser confidenciais. Ao processar os conjuntos de dados, as informações confidenciais podem ficar mais expostas. Desse modo, é essencial proteger a privacidade das pessoas ao lidar com essas informações, e os conjuntos de dados coletados devem ser anônimos. Aplicativos como Hadoop e Spark são úteis no armazenamento de dados e minimizam a limitação da análise de big data (MUNAWAR et al, 2022).

Big Data também é usado para analisar informações geradas por sensores em implementações de IoT, bem como dados de drones e robôs. Vários projetos relacionados à gestão de desastres foram implantados como parte da Iniciativa de Big Data para Desenvolvimento, da Organização das Nações Unidas - ONU (ITU, 2019).

2.4 Internet das Coisas

O uso de sensores para monitorar as condições que podem desencadear desastres não é novo. Desenvolvimentos em computação em nuvem, redes sem fio de banda larga, os próprios sensores e a análise de dados levaram ao surgimento de sistemas poderosos, integrados e em tempo real chamados de Internet das Coisas (IoT). O gerenciamento de riscos e desastres é um caso ideal para aplicativos de IoT, pois os sensores podem enviar alertas sobre um número de situações potencialmente perigosas (ITU, 2019).

A Internet das Coisas cria novas oportunidades para o uso de dispositivos eletrônicos, interconectando-os. Os dispositivos percebem e coletam informações ambientais e transmitem essas informações para outros dispositivos. Mais tarde pode ser acessado por usuários interessados (RADU, 2020).

IoT é uma das áreas mais florescentes dentro das tecnologias disruptivas. A aplicação da tecno-

logia de sensores para coleta de dados e armazenamento tornam viável a coleta de informações em tempo real. A infraestrutura IoT fornece o gerenciamento de sistemas de informação, especialmente no caso de interações máquina a máquina. Os dados coletados com a ajuda desses sistemas baseados em IoT dão acesso à comunidade para obter atualizações e tomar medidas de precaução para qualquer desastre futuro (MUNAWAR et al, 2022).

Os sensores conectados podem fornecer informações em tempo real sobre uma variedade de características físicas, como temperatura, pressão e nível da água, presença de fumaça, dentre outras, que podem fornecer informações críticas sobre áreas geográficas impactadas por uma inundação ou incêndio florestal. Dados geocodificados de acelerômetros de smartphones, que medem a aceleração podem ser aproveitados para medir a intensidade do tremor de terremoto em diferentes locais para fornecer informações em tempo real sobre onde o dano pode ter ocorrido (OECD, 2020).

Sensores em árvores podem detectar se um incêndio começou por meio da temperatura, umidade e níveis de dióxido de carbono. Sensores de terra podem detectar movimentos de terra que podem sinalizar terremotos. Os níveis dos rios podem ser monitorados por sensores para possíveis inundações (ITU, 2019).

Recentemente, o uso de IoT abriu oportunidades para resolver problemas durante a emergência, podendo auxiliar na coleta de dados, análise, notificações de aviso, eventos de monitoramento remoto, localização de vítimas e geração de dados em tempo real (MUNAWAR et al, 2022).

2.5 Inteligência artificial (IA)

A inteligência artificial pode ajudar a aprender, prever e fornecer informações confiáveis para a tomada de decisões oportunas durante a mitigação, preparação, resposta e recuperação de desastres (MUNAWAR et al, 2022).

A inteligência artificial (IA) e o aprendizado de máquina avançaram para o estado em que estão altamente proficientes em fazer previsões e na identificação e classificação (ITU, 2019):

1. Processamento de informações: a IA é usada para reconhecimento de imagem de satélite para identificar edifícios danificados, inundações, estradas intransitáveis, etc. A IA também pode ser aplicada para gerar dados de uso e ocupação, mapas de suscetibilidade e também na predição de eventos a partir de um conjunto de dados de diversas fontes como sensores e mídias sociais.
2. Chamadas de emergência: Durante uma crise, os *call centers* geralmente ficam sobrecarregados. Além de chamadas de voz, as emergências são cada vez mais relatadas por mensagens de texto e mídias sociais. AI e aprendizado de máquina estão sendo aplicados para lidar com o volume e os diferentes tipos de chamadas.
3. Análise de mídia social: informações em tempo real do Facebook, Twitter, Instagram, YouTube, por exemplo, pode ser analisado e validado por IA para filtrar e classificar informações e fazer análise preditiva
4. Análise preditiva: a IA está sendo usada para analisar dados anteriores para prever o que provavelmente pode acontecer e auxiliar na tomada de decisão durante uma emergência. Os dados podem ser integrados com painéis online para que o pessoal de emergência possa responder em tempo real.

2.6 Robôs

Embora os robôs industriais já existam há algum tempo, os robôs se tornaram mais sofisticados através da integração com microprocessadores e sensores. A crescente destreza dos robôs os torna adequado em situações de resgate que são muito perigosas para humanos ou animais treinados. Os robôs foram usados pela primeira vez após o ataque terrorista de setembro de 2011 na cidade de Nova York para avaliar os destroços do World Trade Center demolido. Desde então, foram relatadas mais de 50 implantações de robôs para uso em desastres. Avanços estão sendo

alcançados no Japão, onde existe a possibilidade de comercialização de robôs projetados especificamente para atuação durante a emergência (ITU, 2019).

2.7 Blockchain

Juntamente com Big Data e IA, o *blockchain* se desenvolveu como uma tecnologia que contribui para aumentar a inteligência das cidades. Este é descrito como um registro digital distribuído, replicado e seguro que permite que as partes contratantes vejam um sistema de registros imutáveis. *Blockchain* evoluiu rapidamente. As aplicações dessa tecnologia não se limitam somente a criptomoedas, e podem ser utilizadas também em votação eletrônica, gerenciamento de registros de saúde, gerenciamento de identidade, cartório descentralizado, etc. Dada a diversidade de transações financeiras e contratuais que ocorrem no caso da governança urbana, bem como o grande número de partes envolvidas, o uso de tecnologias *blockchain* pode trazer melhorias consideráveis. Além disso, a tecnologia *blockchain* pode aumentar a confiança nos dados, pois é criptografada e segura (RADU, 2020).

2.8 Mídia social

O uso de redes sociais por indivíduos para descrever seu ambiente é uma fonte adicional de dados sobre perigos, para complementar imagens menos frequentes ou, quando instalados, dados de sensores como medidores de inundação, maré, sismômetros, por exemplo. Em alguns casos, as informações geográficas voluntárias de redes sociais de *crowdsourcing* foram consideradas tão – se não mais – precisas do que os sensores hidrológicos e geológicos (OECD, 2020).

As tecnologias de mídia social caracterizam-se por serem interativas e incluem uma ampla variedade de formatos de conteúdo incluindo textos, áudio, vídeo, fotografias, arquivos de documentos portáteis, pontos de energia, coordenadas de GPS. Permitem a interação entre uma ou várias plataformas por meio de compartilhamento social. Facilita rapidamente a disseminação de informações de maneira aprimorada para muitos participantes estendendo o engajamento e criando eventos online em tempo real, estendendo as

interações online off-line ou aumentando ao vivo eventos online (JOSEPH et al., 2018).

2.9 Crowdsourcing e crowdfunding

Crowdsourcing (“um modelo que usa o público em geral, ou a multidão, com a finalidade de utilizar habilidades, talentos ou observações como fontes de conhecimento e experiência”) pode fornecer dados em tempo real, permitindo uma resposta rápida a desastres (CALLAGHAN, 2016).

O *crowdsourcing* pode fornecer suporte importante para a tomada de decisões, inclusive sob pressões de tempo associadas a crises. *Crowdsourcing* e *expert-sourcing* podem ser eficazes no gerenciamento de engajamentos e interações da comunidade, particularmente sob condições incertas (CALLAGHAN, 2016).

Crowdfunding é o *crowdsourcing* aplicado para angariar fundos (CALLAGHAN, 2016).

O advento dos smartphones criou novas oportunidades para o público ajudar consciente ou inconscientemente na gestão do risco e também do desastre (POBLET et al., 2014):

- Sensores: os telefones celulares estão continuamente gerando dados de seus sensores internos, incluindo GPS, acelerômetros, giroscópios e magnetômetros. Os dados são coletados (*crowdsourcing*) com pouco ou nenhum processamento de dados pelo usuário.
- Computadores sociais: os usuários geram dados usando aplicativos como os de mídia social. Esses dados são coletados por plataformas (Big Data).
- Multidão como repórteres: os usuários oferecem suas próprias informações sobre eventos (por exemplo, tirar uma foto de danos, *twittar* sobre as condições meteorológicas, etc.).
- Multidão como microtarefas: Os usuários criam conteúdo, como adicionar estradas ou prédios a imagens de satélite. Aqui, os usuários são participantes ativos e muitas vezes têm habilidades específicas.

2.10 Smartphones

À medida que os telefones celulares evoluíram em termos de funcionalidade, seu impacto no

socorro a desastres aumentou. Das chamadas de voz para mensagens de texto – e agora serviços baseados em localização, câmeras e acesso à Internet – telefones celulares têm um conjunto diversificado de recursos sendo aproveitado pelo público e pela comunidade de desastres em tempos de crise. A ampla disseminação de telefones celulares – muitas vezes com maior penetração do que a televisão ou o rádio em países em desenvolvimento – hoje os torna o dispositivo de comunicação mais universal do mundo (ITU, 2019).

A ampla distribuição de *smartphones* em todo o mundo e seu uso leva à geração de uma infinidade de dados. Esses conjuntos de dados podem ser utilizados para pesquisas, incluindo informações de saúde, segurança, localização, pesquisa de marketing e também a posição geográfica dos indivíduos durante os períodos de desastre (MUNAWAR et al, 2022).

A tecnologia também melhorou a coleta de dados sobre danos e perdas *ex-post*, uma vez que pesquisadores governamentais (ou não governamentais) recebem acesso a dispositivos móveis conectados e aplicativos de smartphone personalizados que facilitam a coleta de dados e a transmissão mais oportuna de informações para centros de operações de gerenciamento de emergência.

3 RECOMENDAÇÕES E DESAFIOS FUTUROS

Foram identificadas várias recomendações que governos, agências de assistência, setor privado podem adotar para maximizar os benefícios oferecidos pelas tecnologias disruptivas (ITU, 2019):

- a. A sistematização e a padronização são necessárias para melhorar a aplicação das intervenções tecnológicas. Padrões abertos ajudarão a reduzir custos, garantir a interoperabilidade e aumentar o dimensionamento. A padronização também deve se estender ao uso de Big Data, que atualmente é muitas vezes envolto em opacidade. Protocolos de compartilhamento claros e transparentes devem ser implementados, incluindo interfaces de programação de aplicativos.

- Para mídias sociais, *hashtags* padronizadas devem ser empregadas para reduzir a confusão entre o público e ampliar os impactos.
- b. O alcance das tecnologias digitais deve ser levado em consideração nas estratégias de gestão de risco. Embora o Twitter tenha se mostrado útil em situações de crise, principalmente entre a comunidade de ajuda humanitária, sua penetração é relativamente baixa entre o público em geral. Também deve ser considerado que algumas pessoas podem não querer usar plataformas proprietárias por vários motivos e, portanto, confiar em apenas um método pode não atingir todos os destinatários pretendidos.
 - c. Um repositório global com informações sobre como as tecnologias digitais estão sendo aplicadas para a gestão de risco aumentaria a conscientização e a compreensão. Centenas de aplicações de tecnologia disruptiva estão em andamento em todo o mundo, mas as experiências são muitas vezes enterradas em artigos e relatórios de pesquisa. Uma base de informações seria útil para identificar intervenções digitais que funcionaram, e quem foram os implementadores e outros materiais para aumentar a compreensão sobre quais tecnologias são relevantes para diferentes circunstâncias e tipos de desastres.
 - d. As parcerias com o setor privado e a academia serão fundamentais para entender e aplicar tecnologias digitais para previsão, detecção, resposta e resgate. Inúmeros usos de tecnologias disruptivas estão sendo desenvolvidos pelo setor privado. Além disso, o setor privado controla quantidades significativas de informações pessoais em conjuntos de Big Data, que são de grande utilidade para a gestão de riscos. Da mesma forma, pesquisas relevantes estão sendo desenvolvidas pela comunidade acadêmica.
 - e. O dimensionamento de tecnologias disruptivas para crises é essencial para ter um impacto generalizado e reduzir os custos de implantação. Até o momento, muitas intervenções ainda são pilotos ou realizadas de maneira informal. Os processos devem existir para identificar casos de uso relevantes e dimensioná-los. Dado o vasto potencial das tecnologias disruptivas para a gestão sob uma enorme variedade de circunstâncias diferentes, é necessário nutrir a inovação.
 - f. O treinamento é indispensável para que a comunidade entenda como implantar de forma adequada e responsável as tecnologias digitais novas e emergentes em cenários de crise. Manuais são necessários para diferentes tecnologias. Por exemplo, no caso de mídia social, isso abrangeria diretrizes de *hashtag*. As trocas devem ser organizadas para que o pessoal de gerenciamento de desastres ganhe experiência no uso de novas ferramentas.
 - g. As ramificações legais da pesquisa tecnológica precisam ser compreendidas. Isso é bastante direto em relação a regulamentações específicas, como registro e regulamentação de drones, mas, contudo, mais nebulosa em relação à proteção de dados e privacidade. Um dilema relevante é a falta de proteção de dados e as leis de privacidade inibem ou incentivam tecnologias que fazem uso intenso de informações pessoais.
 - h. A capacidade adequada continua sendo fundamental para planejar e implantar adequadamente as tecnologias digitais relevantes.
- Tecnologias emergentes e a inovação estão sendo aplicadas na gestão de riscos, como por exemplo o uso de imagens de satélite e de drones, sensores em tempo real. Ganhos significativos com o uso do IoT e Big Data estão sendo obtidos em aplicações desenvolvidas tanto pelo setor privado quanto pelo público.
- No entanto, existem desafios para a implementação efetiva de algumas tecnologias como deficiências na infraestrutura de comunicações; falta de mão de obra especializada em técnicas

analíticas, dados de qualidade para as análises; acesso às tecnologias em função dos custos ou de impedimentos regulatórios; restrições regulatórias de seguros; conscientização, aceitação e confiança dos usuários no uso de tecnologias emergentes.

REFERÊNCIAS

- BECKER, D. AND S. BENDETT Crowdsourcing Solutions for Disaster Response: Examples and Lessons for the US Government. *Procedia Engineering*, vol. 107, pp. 27-33, 2015. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2015.06.055>
- CALLAGHAN, C. W. Disaster management, crowdsourced R&D and probabilistic innovation theory: Toward real time disaster response capability. *International Journal of Disaster Risk Reduction*, Volume 17, p. 238-250, 2016. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.ijdr.2016.05.004>
- GIBSON, S.; LEMYRE, L.; LEE, J.E.C. Predicting Emergency Response Intentions among the Canadian Public in the Context of Terrorism Threats: Examining Sociodemographics and the Mediating Role of Risk Perception. *Hum. Ecol. Risk Assess* 2015, 21, 205-226
- JOSEPH, J. K.; DEV, K. A.; PRADEEPKUMAR, A.P.; MOHAN, M Big Data Analytics and Social Media in Disaster Management. In: SAMUI, P.; KIM, D; GHOSH, C. *Integrating Disaster Science and Management Global Case Studies in Mitigation and Recovery*. 2016
- INTERNATIONAL TELECOMMUNICATION UNION (ITU) *Disruptive technologies and their use in disaster risk reduction and management*. 2019.
- IZUMI, T., SHAW, R., ISHIWATARI, M., DJALANTE, R., KOMINO, T. 30 innovations for disaster risk reduction by IRIDeS, Keio University, the University of Tokyo, UNU-IAS, CWS Japan, Japan, 80 páginas, 2019
- MUNAWAR, H. S.; MOJTAHEDI, M; HAMDAD, A. W. A. ; KOUZANI, A.; MAHMUD, M. A. P. Disruptive technologies as a solution for disaster risk management: A review. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2021.151351>
- POBLET, M., GARCÍA-CUESTA, E., CASANOVAS, P. *Crowdsourcing Tools for Disaster Management: A Review of Platforms and Methods*. In: Casanovas, P., Pagallo, U., Palmirani, M., Sartor, G. (eds) *AI Approaches to the Complexity of Legal Systems. AICOL 2013. Lecture Notes in Computer Science, vol 8929*. Springer, Berlin, Heidelberg, 2014. https://doi.org/10.1007/978-3-662-45960-7_19
- RADU, L. D. Disruptive Technologies in Smart Cities: A Survey on Current Trends and Challenges **Smart Cities**. 2020, 3(3), 1022-1038; <https://doi.org/10.3390/smartcities3030051>
- SHAW, R. Thirty Years of Science, Technology, and Academia in Disaster Risk Reduction and Emerging Responsibilities. *Int. J. Disaster Risk Sci.* (2020) 11:414-425. <https://doi.org/10.1007/s13753-020-00264-z>

O QUE TEMOS A REFLETIR E A APRENDER COM A TRAGÉDIA DE PETRÓPOLIS?

WHAT SHOULD WE REFLECT AND LEARN WITH THE PETRÓPOLIS TRAGEDY?

ALINE FREITAS DA SILVA

Departamento de Recursos Minerais do Estado do Rio de Janeiro (DRM-RJ)

alinegeotecnia@gmail.com

1 INTRODUÇÃO

Considerando os desastres de 15 de fevereiro e 20 de março de 2022 ocorridos em Petrópolis nos deparamos novamente com números lastimáveis. Segundo a Defesa Civil municipal foram registradas 7.264 ocorrências, destes 6.019 apenas relacionados a deslizamentos, 241 pessoas perderam suas vidas e três ainda estão desaparecidas.

Petrópolis é uma cidade da região serrana do estado do Rio de Janeiro com um longo, triste e conhecido histórico de desastres associados a enchentes e deslizamentos. De acordo com o banco de dados de mortes por deslizamentos no Brasil do Instituto de Pesquisas Tecnológicas (IPT), a cidade imperial é a cidade com mais vítimas do país, somando, desde 1988, 640 óbitos.

No sentido *lato* e simplificado, o conceito de ‘*desastre*’ nos remete a um acontecimento, geralmente inesperado, que causa grandes danos ou prejuízos. No entanto, se existe tamanha recorrência desses acidentes - excluindo, portanto, o caráter episódico-, como podemos considerar que se trata de um evento “inesperado”? Quero dizer, se é algo que apresenta conhecida recorrência e tamanha gravidade, não deveríamos então estar-mos mais preparados?

O que leva então Petrópolis a ser uma cidade tão suscetível, ‘perigosa’ e de alto risco a desastres hidrogeometeorológicos?

2 AGENTES PREDISPOSTOS E EFETIVOS

Existe uma farta literatura sobre o complexo geológico, geomorfológico, hidrológico e clima-

tológico da cidade de Pedro. A municipalidade foi instituída em uma área serrana, onde predominam no seu embasamento rochas do complexo cristalino, incluindo granitos, gnaisses e migmatitos. Trata-se de uma região marcadamente estruturada devido a intensos eventos tectônicos pré-cambrianos, sendo estas rochas bastantes falhadas, fraturadas e dobradas. Portanto, naturalmente, a história geológica e o controle estrutural existentes influenciam diretamente a topografia e a hidrografia da região, havendo muitas encostas íngremes, relevos bastante acidentados, vales alongados, drenagens retilíneas entre outras características comuns a este tipo de padrão de relevo. Vale destacar ainda que o município, devido às suas características naturais brevemente mencionadas, possui extensos depósitos de tálus e colúvios - unidades geotécnicas bastante conhecidas quando falamos de movimentos gravitacionais de massa.

A cidade possui seu clima classificado como tropical de altitude, com significativa pluviosidade ao longo do ano - média anual chegando aproximadamente a 2000 mm. Devido às condições topográficas e orográficas, em especial durante os meses do verão, ocorrem chuvas concentradas de grande intensidade, tal qual observamos em fevereiro e março deste ano. Uma observação interessante sobre Petrópolis neste aspecto climatológico é a amplitude térmica diária registrada - principalmente no verão-, sendo observado comumente o deslocamento de lascas rochosas.

Além de se mencionar as características naturais mais marcantes, o histórico de uso e ocupação do solo é fundamental quando se busca compreender a temática em questão.

Petrópolis foi fundada em 1843 pelo então Imperador Dom Pedro II. A cidade foi uma das primeiras do país a ser planejada, onde na área central - região de relevo mais suave e plano - foi construído o Palácio Imperial de verão, onde a família real e sua corte passariam os verões seguintes por conta do clima mais ameno.

Durante as estadas do Imperador na cidade ela se tornava a capital do Império e centro da atenção nacional, conseqüentemente a cidade rapidamente se desenvolveu - e cresceu. Mesmo com o fim do Império, Petrópolis continuou sendo uma das cidades mais importantes do Estado, chegando até mesmo a ser capital (do Estado do Rio de Janeiro) por oito anos (1894-1902).

Durante o século XX Petrópolis se desenvolveu significativamente especialmente nos setores de comércio, indústrias e, obviamente, turismo histórico e cultural - a cidade possui o maior PIB da região serrana. Por conta deste franco desenvolvimento econômico e aliado à falta de políticas públicas de habitação adequadas e efetivas, compatíveis com a demanda e considerando as limitações físicas da cidade, a população avançou encostas acima e planícies fluviais abaixo, assim como ocorreu em tantas outras cidades brasileiras.

Ou seja, se considerarmos os agentes predisponentes naturais (características dos solos e das rochas, relevo, clima, etc.) - que por si só configuram alta suscetibilidade a ocorrências de movimentos de massa -, juntamente com o uso inadequado do solo, incluindo ocupação desordenada (em sua maioria de baixa qualidade com a execução extensiva de cortes e aterros sem critérios técnicos), desmatamentos, impermeabilizações, lançamento e/ou concentração de água servida em superfície, dentre outras intervenções antrópicas inapropriadas, tudo isso fazem de Petrópolis uma cidade com significativa parcela de seu território de alto risco a movimentos de massa, enxurradas e inundações.

Os agentes deflagradores, como as chuvas intensas, acabam sendo o elemento final de um cenário totalmente já preparado para um desastre. Se considerarmos apenas as chuvas intensas nesta triste equação, elas não têm - sozinhas - a capacidade de causar tamanhas tragédias.

3 OS DOCUMENTOS TÉCNICOS E PROTOCOLOS EXISTENTES

Petrópolis é uma cidade rica em informações técnicas quanto à Gestão de Riscos e Desastres. Sem considerar os inúmeros trabalhos acadêmicos de teses, dissertações e monografias, além de incontáveis artigos incluindo a mais diversa disciplina que o tema exige, a cidade ainda possui documentos técnicos elaborados por órgãos públicos e empresas privadas (em prestação de serviço ao ente público) ao longo dos últimos anos.

Considerando os principais instrumentos técnicos que subsidiam a Gestão de Risco e Desastres conhecidos e aplicados no país, pode-se dizer que Petrópolis é uma cidade privilegiada neste quesito, pois não é nem de perto a realidade encontrada em tantas outras cidades brasileiras.

A cidade imperial conta com os seguintes instrumentos técnicos:

- Plano Municipal de Redução de Risco - PMRR (2007) elaborado pela empresa contratada Theopratique Obras e Serviços de Engenharia. Este plano contemplou apenas a área do 1º distrito de Petrópolis (distrito sede) e, de acordo com este documento, foram identificados 96 setores de risco alto e muito alto a movimentos de massa, enchenetes e inundações;
- Carta de Suscetibilidade a Movimentos Gravitacionais de Massa e Inundações (escala 1:25.000) elaborada pelo Serviço Geológico do Brasil (CPRM) em 2013 (e revisado em 2016). Nesta carta podemos observar que menos de 10% do território do município é classificado como sendo de baixa suscetibilidade a movimentos gravitacionais de massa;
- Carta de Risco Iminente a Escorregamentos (2013), elaborada pelo Departamento de Recursos Minerais do Estado do Rio de Janeiro (DRM-RJ). Neste levantamento foram identificados 132 setores de risco iminente a escorregamentos no município;
- Carta Geotécnica de Aptidão Urbana (escala 1:10.000), também elaborada pelo DRM-RJ e entregue ao município em 2015. Nesse estudo foram elaboradas a "carta geológico-geotécnica específica para escorregamentos"

e a “carta geotécnica de aptidão urbana específica quanto ao potencial de ocorrência de escorregamentos” para todo o município;

- Plano Municipal de Redução de Risco - PMRR (2017), onde inclui a revisão do primeiro PMRR (2007) e contempla também os demais distritos do município (Cascatinha, Itaipava, Pedro do Rio e Posse). A empresa contratada é a mesma que elaborou o PMRR anterior. Neste levantamento foram identificados 234 locais com risco alto ou muito alto para deslizamentos, enchentes e inundações;
- Plano Municipal de Proteção e Defesa Civil / Plano de Contingência para Chuvas Intensas (verão 2021/2022). Documento que estabelece e descreve – incluindo uma matriz de atividades ou responsabilidades - os protocolos e procedimentos a serem executados por todos os órgãos participantes na resposta às emergências e desastres causados por chuvas intensas no município.
- Plano Estadual de Proteção e Defesa Civil / Plano de Contingência Tático-Operacional para Respostas aos Desastres Ocasionalmente pelas Chuvas Intensas (verão 2021-2022). Semelhante ao documento anterior, porém mais abrangente e em nível Estadual. Inclui as instituições que compõem o Sistema Estadual de Proteção e Defesa Civil e possui como responsável pela sua operacionalização o GRAC (Grupo Integrado de Ações Coordenadas).

Esses documentos listados acima são apenas os principais e considerando os últimos 15 anos, pois em 1990 o Instituto de Pesquisas Tecnológicas de São Paulo (IPT) já havia publicado a “Carta Geotécnica de Petrópolis” para o 1º Distrito (escala 1:10.000), onde se identificou 66 áreas de alto risco. Além deste importante documento, outros projetos e levantamentos foram realizados na década de 90 por diferentes instituições.

Há de se considerar também os inúmeros laudos, relatórios e pareceres técnicos elaborados pelas equipes técnicas da Defesa Civil municipal, do DRM-RJ e da CPRM ao longo dos anos os quais constituem valioso conhecimento que subsidiam a Gestão de Riscos e Desastres no município.

4 A GEOLOGIA DE ENGENHARIA E AMBIENTAL E A RESPOSTA A DESASTRE

Temos conhecimento do papel – e da importância – da Geologia de Engenharia e Ambiental (GEA) na etapa de Resposta a um desastre geológico. Portanto, passado o desastre, precisamos avaliar e ponderar se este saber no campo teórico é plenamente colocado em prática durante uma emergência. É possível dizer que o conhecimento e a experiência acumulada pela nossa área de atuação, ao longo dos anos e a cada desastre vivenciado (e não foram poucos), se materializa de maneira eficiente e eficaz em uma emergência? Essa questão ainda é muito pouco discutida com a atenção e diligência que o assunto merece.

Primeiramente, há de se diferenciar devidamente as ações (e seus produtos e suas aplicações) desempenhadas na Gestão de Risco e as ações comuns a um Gerenciamento de Desastre. O subsídio técnico que a GEA dispõe aos gestores e tomadores de decisão nas etapas de prevenção e mitigação é diferente do apoio técnico prestado em uma operação de desastre. A demanda é outra e o timing de realização nem se fala.

As necessidades existentes durante uma operação de desastre (ou seja, na fase de Resposta) são diferentes de quando realizamos um mapeamento de setorização de áreas de risco, por exemplo. Reconhecer e compreender corretamente por qual processo a área foi afetada, entender a sua fenomenologia, quais foram os condicionantes, o que foi determinante e o que foi circunstancial, de maneira que seja possível delinear cenários futuros em uma potencial evolução do processo, são ações fundamentais num momento de Resposta, pois esta informação tem aplicação imediata neste contexto. A identificação de áreas que ainda oferecem perigo e a sua possível extensão (área de alcance) permite delinear polígonos de evacuação, identificar as áreas que requerem monitoramento *in loco*, prestar apoio às equipes de socorro que trabalham realizando buscas, salvamentos, resgates no sentido de salvaguardar as mesmas, dentre outras aplicações.

Sabemos que a depender da magnitude do desastre (e de quão preparado estava o município previamente) os pontos de apoio/refúgio podem não terem sido avaliados geológico-geotécnica-

mente anteriormente. Ou novos pontos podem ser criados durante a tragédia. Esses locais são seguros? Em um local onde haverá concentração de pessoas e intensa realização de atividades de assistência humanitária é preciso que essa escolha seja a mais assertiva possível.

Existem diversas situações e demandas as quais a GEA pode e deve prestar apoio técnico em um desastre (não apenas as citadas acima), e a cada desastre aprendemos um pouco mais, pois nenhum é igual ao outro. A maneira como uma emergência se desdobra é única. E isso ocorre por razões diversas, seja por arranjos institucionais distintos, pela qualidade dos profissionais envolvidos (conhecimento técnico, habilidades, competências, experiência), por fartura ou escassez de infraestrutura, por pressões políticas existentes, pela existência (ou ausência) de planejamento e logística, por maior ou menor participação - e autonomia - da área técnica, dentre tantos outros fatores e aspectos que podem vir a influenciar o andamento da etapa de resposta a um desastre.

De forma que, considerando os últimos desastres que acompanhamos e participamos no nosso país, nós (comunidade técnica-científica) precisamos nos questionar analiticamente se o que é feito hoje - na prática - é o melhor que podemos fazer. O apoio técnico prestado nos desastres atualmente é o melhor que temos a oferecer tecnicamente e institucionalmente? As ações previstas nos instrumentos existentes de planejamento de Resposta ocorrem como esperado?

Este é um exercício válido (e pertinente) na busca contínua de procurar oferecer um serviço de qualidade subsidiando tecnicamente as ações emergenciais em uma fase de Resposta a desastre, de forma que seja possível melhorar, como delineado pela Secretaria Nacional de Proteção e Defesa Civil no livro base de Resposta, *“a capacidade de resposta, tanto individual quanto coletivamente, de maneira a ser possível diminuir as possibilidades de danos e prejuízos ocasionados pelo desastre”*.

5 OBSERVAÇÕES E CONSIDERAÇÕES

Petrópolis é uma cidade prestigiada pela sua história, cultura, arquitetura e belezas naturais, mas que possui um triste histórico de ocorrências

e vítimas de desastres sócio naturais. Ela representa um ponto fora da curva, considerando a riqueza de conhecimento técnico existente, pois tem-se à disposição numerosos estudos acadêmicos, bem como documentos técnicos - incluindo os principais instrumentos de Gestão de Risco e Desastres. E ainda assim, apenas no último verão, 241 pessoas perderam suas vidas, vítimas de movimentos de massa, enxurradas e inundações. O que falta então? Informações e dados sobre o território sabemos que não é.

A resposta para esse questionamento é aparentemente simples, mas ao mesmo tempo é bem complexa: Governança (ou a falta dela). Temos políticas públicas ineficientes, que não contemplam a questão em sua totalidade, complexidade e disciplinaridade. Falta integração (vertical e horizontal) entre as instituições e entre as próprias políticas e ações existentes. Temos órgãos e instituições públicas completamente desmantelados e enfraquecidos, ou até mesmo extintos. Falta compreender melhor os produtos técnicos que são gerados, pois a não compreensão leva à não aplicação dos mesmos ou à interpretações equivocadas das informações. Delonga-se demasiadamente na regulamentação dos instrumentos jurídicos existentes, como por exemplo a Lei Federal 12.608/2012. Testemunhamos o desprestígio da pauta de Gestão de Risco e Desastres refletida diretamente nos Planos Plurianuais (federal, estaduais e municipais) nas últimas gestões. Temos uma sociedade em condições cada vez mais empobrecida, vulnerável e exposta aos mais diversos perigos. Falta continuidade nas ações realizadas, que são interrompidas por motivos diversos e muitas das vezes de forma arbitrária. É frequente e expressiva a interferência de grupos políticos - com interesses próprios - dentro das instituições públicas. Temos equipes técnicas significativamente reduzidas (em alguns casos com a conhecida “EUquipe”), que se desdobram para tentar “dar conta” da demanda, trabalhando por vezes em condições lastimáveis. Enfim, são muitas as variáveis que fazem parte dessa complexa equação, e o que foi apontado acima constitui apenas, e somente apenas, uma pequena amostra.

Precisamos ainda melhorar a prestação do apoio técnico durante as emergências, pois por mais que as ações de prevenção sejam indiscuti-

velmente a prioridade, temos consciência de que ainda conviveremos com os desastres, e no caso do Brasil, muitos deles associados a processos hidrogeometeorológicos. Além de buscarmos compreender melhor quais as necessidades e atividades as quais a GEA pode e deve contribuir na emergência, precisamos também nos empenhar em como aprimorar a execução dessas atividades. E além disso, é preciso esclarecer melhor a finalidade e a validade dos produtos gerados durante a etapa de resposta para não incorrer no erro do uso inadequado desses materiais e informações.

Por fim, é sempre muito triste perceber que dentro de um desastre existem tantos outros – o desastre social, o desastre político, o desastre institucional, o desastre humano. Mas uma das maiores virtudes do ser humano e de sua socieda-

de é a sua capacidade de mudança e de aprender com as experiências passadas. Podemos e devemos, individual e coletivamente, aprender com os casos de Petrópolis, Angra dos Reis, Paraty, Bahia, Minas Gerais, São Paulo, Pernambuco, Alagoas e tantos outros. É premente a necessidade de uma governança séria, comprometida, eficiente e íntegra, a qual estabeleça um Plano Nacional de Gestão de Riscos e Resposta a Desastres e que este seja integrado aos planos estaduais e municipais (que também precisam ser construídos ou aprimorados). Não podemos mais assistir a tantas tragédias que poderiam ser evitadas ou pelo menos minimizadas. Precisamos avançar sobre as lacunas e obstáculos existentes e (re)construir as políticas de GRD. Podemos fazer melhor? – eu tenho certeza que sim.

DESASTRE RELACIONADO ÀS CHUVAS INTENSAS NA BAIXADA SANTISTA EM MARÇO DE 2020: A EXPERIÊNCIA DAS DEFESAS CIVIS DE GUARUJÁ E SANTOS

HEAVY RAIN-RELATED DISASTER IN THE BAIXADA SANTISTA ON MARCH 2020: THE EXPERIENCE OF THE CIVIL DEFENSES OF GUARUJÁ AND SANTOS

VICTOR ARROYO DA SILVA DO VALLE

Proteção e Defesa Civil de Santos. victorarroyo@santos.sp.gov.br

JOZZEFER VINCOV DE ABREU

Proteção e Defesa Civil de Guarujá. jozzefer@gmail.com

CARLOS ADOLFO SILVA FERNANDEZ

Proteção e Defesa Civil de Guarujá. carlosadolfo64@gmail.com

RESUMO ABSTRACT

Diversos desastres relacionados a eventos de chuva intensa ocorreram no Brasil no último verão, evidenciando a exposição das cidades brasileiras a eventos naturais perigosos. Neste contexto, considerando o fator agravante das mudanças climáticas, é essencial reportar e analisar desastres passados de modo a entender suas causas e prevenir a ocorrência de novos eventos. A proposta do presente estudo é descrever o desastre relacionado a chuvas intensas ocorrido nos municípios de Guarujá e Santos nos dias 2 e 3 de março de 2020. Devido a este evento, foram registradas 44 vítimas fatais, além de dezenas de feridos e centenas de construções danificadas. Este estudo busca descrever como os departamentos de Defesa Civil desses municípios reagiram à situação de desastre e como os municípios promoveram ações de recuperação e reconstrução. Esse desastre demonstra a importância de adotar uma abordagem sistêmica do problema relacionado à exposição de comunidades a eventos naturais perigosos, incluindo aspectos de desenvolvimento urbano, habitação, meio ambiente etc. Demonstra também a necessidade de fortalecer os departamentos municipais de Defesa Civil, uma vez que estes são uma das principais instituições a promover ações preventivas e os primeiros a responder a situações de desastre.

Palavras-chave: Desastre natural; Escorregamento; Defesa Civil; Guarujá; Santos.

Several heavy rain-related disasters occurred in Brazil last summer, evidencing the natural hazard exposure of Brazilian cities. In this context, taking into account the aggravating factor of climate change, it is essential to report and analyze past disasters in order to understand their causes and to prevent new ones from happening. The purpose of the present paper is to describe the heavy rain-related disaster that occurred in the municipalities of Guarujá and Santos on March 2 and 3 of 2020. Due to this event, 44 victims were registered, besides dozens of injured people and hundreds of damaged buildings. This paper aims to describe how the civil defense departments of these cities reacted to the disaster situation as well as to how the municipalities promoted actions of recovery and reconstruction. This disaster demonstrates the importance of adopting a systemic approach to the problem related to the hazard exposure of communities, including aspects of urban development, housing, environment etc. It also demonstrates the necessity of strengthening the civil defense departments of municipalities since they are one of the main institutions to promote preventive actions and to first respond to disaster situations.

Keywords: natural disaster; landslide; civil defense; Guarujá; Santos.

1 INTRODUÇÃO

Entre dezembro de 2021 e o primeiro semestre de 2022, foram registradas diversas tragédias associadas a eventos de chuva intensa no Brasil (CNM, 2022), destacando-se aquelas ocorridas em dezembro de 2021, na Bahia, em janeiro de 2022, no estado de São Paulo, em fevereiro e abril de 2022, no estado do Rio de Janeiro, e em maio de 2022, em Pernambuco. Estes eventos demonstram a atual vulnerabilidade das grandes cidades brasileiras frente às ameaças naturais, principalmente das populações de mais baixa renda que ocupam áreas suscetíveis a eventos potencialmente perigosos. Adicionalmente, é importante considerar a tendência de agravamento dessa situação em função das mudanças climáticas (SANTOS et al. 2020).

Nos dias 2 e 3 de março de 2020, como consequência de evento pluviométrico extremo, foi caracterizada nos municípios de Guarujá, Santos e São Vicente situação de desastre natural decorrente de chuvas intensas. Foram registradas centenas de movimentos gravitacionais de massa nos trechos de encostas naturais e antropizadas desses municípios, que resultaram em um total de 45 óbitos, dezenas de feridos, e centenas de moradias interditadas. Além disso, nas áreas de planície, diversos foram os pontos de alagamento que geraram graves transtornos às centenas de milhares de pessoas que circulam diariamente pela região.

O presente trabalho busca descrever a situação do desastre associado às chuvas extremas dos dias 2 e 3 de março de 2020 nos municípios de Guarujá e Santos, informando acerca dos índices pluviométricos registrados antes e durante o evento, bem como sobre as ações de resposta e recuperação promovida pelos municípios com apoio dos órgãos vinculados ao Sistema Nacional de Proteção e Defesa Civil (SINPDEC).

Justifica-se a elaboração deste artigo uma vez que, para um melhor entendimento das situações de desastre que contribua para a construção das possíveis soluções dessa grave questão, é essencial o registro detalhado dos eventos bem como sua divulgação no meio técnico especializado.

2 CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA AFETADA

Os municípios de Guarujá e Santos estão inseridos no litoral do estado de São Paulo e fazem parte da Região Metropolitana da Baixada Santista, localizados respectivamente nas coordenadas $23^{\circ} 59' 18''$ S, $46^{\circ} 14' 32''$ O e $23^{\circ} 56' 1''$ S, $46^{\circ} 19' 41''$ O (Figura 1). Enquanto que o território de Guarujá se limita geograficamente à Ilha de Santo Amaro, Santos possui parte da sua área na Ilha de São Vicente, parte nos canais fluviais e estuarinos e parte no continente.



Figura 1. Localização dos municípios de Santos e Guarujá.

Os terrenos de ambos os municípios possuem embasamento pré-cambriano, composto predominantemente por rochas granitoides, além de apresentar coberturas formadas por sedimentos quaternários diversos (marinhos, fluviais, estuarinos, coluvionares e aluvionares) (PERROTA et al., 2006). Já o relevo da região é caracterizado predominantemente por planícies costeiras, morros isolados e, no caso da porção continental de Santos, pelas escarpas da Serra do Mar (IPT, 1981). Conforme as cartas de suscetibilidade elaboradas pelo Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo (IPT) em 2013 (IPT, 2013a; IPT, 2013b), como reflexo do relevo local e do clima quente e úmido, os municípios apresentam áreas suscetíveis a movimentos gravitacionais de massa e a inundações.

Guarujá e Santos contam ainda com cartas geotécnicas de aptidão à urbanização elaboradas pelo IPT no final do século XX (IPT, 1979; IPT e IG, 1989). Tanto nas áreas que seriam aptas à urbanização, mas que foram ocupadas de forma desordenada, quanto naquelas consideradas inaptas à ocupação urbana que foram ocupadas irregularmente, fica caracterizada a situação do risco aos seus ocupantes, conforme mostram as setorizações dos Planos Municipais de Redução de Riscos (PMRR) elaborados para Guarujá (IPT, 2016) e Santos (IPT, 2012).

Vale destacar uma diferença no padrão de ocupação das áreas suscetíveis a movimentos de massa nos municípios analisados. No caso de Santos, essa ocupação teve início ao final do século XIX e vem passando por surtos de expansão desde então (IPT, 1979). Atualmente em Santos existem vários bairros consolidados nesse território, que contam com infraestrutura urbana e estão conectados por diversas vias de circulação. Por outro lado, em Guarujá, a ocupação dos morros se deu com maior intensidade somente a partir da década de 70 (IPT e IG, 1989), e hoje se distribui de maneira heterogênea ao longo dos trechos inferiores e médios das encostas do maciço de morros da Ilha de Santo Amaro.

De modo a promover a gestão de riscos e desastres em seus territórios, buscando atender o disposto na Política Nacional de Proteção e Defesa Civil (BRASIL, 2012), Guarujá e Santos adotam uma série de medidas necessárias à redução dos

riscos. Cabe aqui destacar a elaboração e implementação dos já citados PMRR e a operação anual do Plano Preventivo de Defesa Civil (PPDC), com apoio da Coordenadoria Estadual de Proteção e Defesa Civil (CEPDEC). Este último é operado na região desde 1988 e vem mostrando bons resultados na redução do número de mortes decorrentes de escorregamentos, uma vez que busca a tomada de ação antes da deflagração destes processos por meio do monitoramento do acumulado pluviométrico, acompanhamento da previsão meteorológica e vistorias nas áreas classificadas como de risco. Como reflexo das ações preventivas e mitigadoras, até a data do evento de chuva extrema de 2020, os municípios não registraram mortes decorrentes de escorregamentos desde 2000, no caso da área insular de Santos, e 2009, no caso de Guarujá.

3 DESCRIÇÃO DO EVENTO

3.1 Cenário pluviométrico

É certo que os acumulados pluviométricos registrados nos meses anteriores ao evento, principalmente em fevereiro, tiveram grande influência na gravidade do desastre aqui descrito. Em Guarujá, de acordo com dados coletados pelo posto pluviométrico Pereque-E3043, o mês de fevereiro de 2020 registrou 450 mm de chuva, valor este 72% acima da média histórica de 25 anos (262 mm). Já em Santos, segundo dados do posto pluviométrico Saboó, fevereiro registrou 916,6 mm, valor 204,72% acima da média histórica (300,8 mm).

É nesse cenário que se deu o evento pluviométrico extremo entre a noite do dia 02/03/2020 e a madrugada do dia seguinte. No caso de Santos, após registrar um acumulado de 79,6 mm no dia 01/03, foram acumulados 217,4 mm no dia 02/03, sendo 155 mm registrados no intervalo de apenas 3 horas (entre às 21h e 00h). Já no dia 03/03, foram acumulados 50,6 mm, totalizando 347,6 mm em 72 horas e superando a média histórica do mês de março (294,4 mm).

No caso de Guarujá, a chuva extraordinária atingiu acumulados na ordem de 282 mm em aproximadamente 12 horas, superando uma intensidade de 50 mm/h, o que equivale a 99% do

que era esperado para todo o mês de março. Em apenas 72 horas foram totalizados 385,8 mm.

3.2 Resposta ao desastre

Os movimentos gravitacionais de massa associados ao evento de chuva extrema anteriormente descrito começaram a ser registrados no início da noite de 02/03, por volta das 19h. Ambos os municípios operavam o PPDC e dispunham de equipes técnicas de plantão para o atendimento das ocorrências, bem como realizavam o acompanhamento dos acumulados de chuva por estações pluviométricas próprias e por aquelas operadas pelo Centro Nacional de Monitoramento e Alertas de Desastres Naturais (CEMADEN), este vinculado ao Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovações do Governo Federal.

Em função das elevadas taxas de precipitação deste evento, superiores a 50 mm/h, iniciou-se no começo da noite a realização das vistorias preventivas previstas no PPDC, sendo necessário também promover o deslocamento para o atendimento das ocorrências. Enquanto as equipes municipais realizavam esse atendimento, a chuva adquiria caráter persistente, mantendo as altas taxas de precipitação e resultando em um número cada vez maior de ocorrências.

Foram registrados diversos locais onde municípios foram soterrados, sendo necessário o trabalho de resgate pelo Corpo de Bombeiros e Serviço de Atendimento Móvel de Urgência (SAMU), havendo inclusive um caso de soterramento de dois bombeiros em Guarujá. Dificultaram o acesso das equipes os diversos pontos de alagamento, bem como a obstrução de vias em função dos materiais mobilizados durante os escorregamentos. As equipes municipais de Defesa Civil seguiram com as ações de resposta pela madrugada e nos dias seguintes, apoiando os trabalhos de resgate às vítimas, atendendo aos chamados realizados pelos telefones de emergência e avaliando o risco residual nas áreas afetadas.

No dia 03/03/2020, com a mudança do nível de operação do PPDC de “Atenção” para “Alerta”, equipes da CEPDEC, do Instituto de Pesquisas Ambientais (IPA) e do IPT se deslocaram aos municípios para apoiar o atendimento ao

desastre. Tanto Guarujá como Santos declararam situação de anormalidade decorrente desse evento. No caso de Guarujá, foi declarado Estado de Calamidade Pública por meio do Decreto Municipal nº 13.529/2020 (GUARUJÁ, 2020) e consequente homologação por meio da Portaria Federal nº 448/2020 (BRASIL, 2020a). Já Santos declarou Situação de Emergência por meio do Decreto Municipal nº 8.874/2020 (SANTOS, 2020), homologada pelo estado de São Paulo por meio do Decreto nº 64.825/2020 (SÃO PAULO, 2020), com reconhecimento federal, por procedimento sumário, pela Secretaria Nacional de Defesa Civil (Portaria nº 449/2020 - BRASIL, 2020b).

Segundo os respectivos Formulários de Informação de Desastre (FIDE), submetido pelos municípios ao Sistema Integrado de Informações sobre Desastres (S2ID), os danos e prejuízos em Guarujá e Santos incluem (Tabela 1):

Tabela 1. Informações conforme FIDE.

Guarujá	Santos
150 escorregamentos	210 escorregamentos
34 óbitos	8 óbitos
37 feridos	10 feridos
100.000 afetados	418.541 afetados
169 desabrigados	214 desabrigados
954 desalojados	984 desalojados
169 casas destruídas	230 casas destruídas
954 casas danificadas	255 casas danificadas

3.3 Principais ocorrências

3.3.1 Guarujá

Dentre os 150 movimentos gravitacionais de massa registrados em Guarujá, deflagrados em encostas naturais e antropizadas, destacam-se os dos morros do Engenho, Jardim Bela Vista, popularmente conhecido como morro do Macaco Molhado, Vila Baiana, Barreira do João Guarda e a região da Serra do Guararu. Somente nesses locais, somam-se 86 escorregamentos envolvendo solo, rocha e vegetação, onde 18 movimentos de massa foram registrados nas áreas de risco geológico mencionadas e 68 somente região da Serra do Guararu, local com maior índice de es-

corregamentos por quilômetro quadrado. Como consequência dos eventos, todos os 34 óbitos registrados pela Defesa Civil de Guarujá foram contabilizados nessas áreas supracitadas.

Na região do Morro do Engenho (Figura 2A), foram registrados 2 escorregamentos de grande porte que vitimaram 1 pessoa. Já no morro do Macaco Molhado (Figura 2B), registrou-se 8 escorregamentos e 9 óbitos, onde somente 1 movimento de massa de grande porte foi o suficiente para vitimar 8 pessoas, dentre elas 2 integrantes do Corpo de Bombeiros Militar do Estado de São Paulo.

No morro da Vila Baiana foram contabilizados 5 escorregamentos variando entre pequeno, médio e grande porte (Figura 3A). Há de se res-

saltar que este local registra o maior número de habitações em áreas de Risco Alto (R3) mapeadas pelo IPT em 2016 no PMRR, em contrapartida não foram registrados óbitos nessa comunidade.

A região da Serra do Guararu registrou 68 escorregamentos ao longo de toda vertente e 1 óbito (Figura 3B). Somente nessa região há estimativas de valores entre 14 a 20 escorregamentos por quilômetro, sendo a região que concentrou maior número de movimentos de massa.

O morro da Barreira do João Guarda registrou apenas 3 movimentos de massa, e somente 1 escorregamento de grande porte acarretou em 23 vítimas fatais e dezenas de casas destruídas (Figura 3C).



Figura 2. 2A: Escorregamento de grande porte no Morro da Cachoeira e Ação da Defesa Civil de Guarujá. 2B: Escorregamento no morro do Macaco Molhado e ação dos munícipes, Corpo de Bombeiros e Defesa Civil.



Figura 3. 3A: Escorregamento no morro da Vila Baiana. 3B: Escorregamento na Serra do Guararu com 1 óbito (Fonte: Abreu et al., 2020). 3C: Escorregamento na Barreira do João Guarda vitimando 23 pessoas.

3.3.2 Santos

Dentre as 210 ocorrências de escorregamentos registadas nas encostas do município de Santos nesse evento, destacam-se como de maior gravidade aquelas que resultaram em óbitos (Figura 4), a saber: um escorregamento de solo na Rua Santa Marta, Morro São Bento, com 5 óbitos; dois escorregamentos de solo e rocha na Rua das Pedras, Morro Caneleira, com 2 óbitos; e um escorregamento de solo na Rua 7, Morro Pacheco, com 1 óbito.

Além destas, vale destacar aquelas em que houve munícipes feridos, a saber: escorregamentos de solo na Rua Nossa Senhora de Lurdes, Morro Fontana e na Travessa Luciano de Castro, no bairro Saboó. Outras ocorrências chamaram a atenção pelo grande volume de material mobilizado (Figura 5): escorregamento de solo e rocha no Ilhéu Alto, com atingimento da Travessa Francisco Lopez Rúbio; e escorregamento de solo nas ruas 1 e 8, nos morros Pacheco e Penha.



Figura 4. Fotos obtidas em 11/03/2020 mostram: A, escorregamento na Rua Santa Marta, Morro São Bento; B, escorregamento na Rua 7, Morro Pacheco; e C, escorregamentos na Rua das Pedras, Morro Caneleira.



Figura 5. Fotos obtidas em 04/03/2020 mostram: A, escorregamento no Ilhéu Alto; e B, escorregamento entre as ruas 1 e 8, nos morros Pacheco e Penha.

3.4 Ações de Resposta e Recuperação Pós-Desastre

As ações de resposta e recuperação foram iniciadas logo nos primeiros dias após o registro do desastre. Na madrugada do dia 03/03/2020, a Prefeitura Municipal de Guarujá instalou o Gabinete de Crise que mobilizou diversas secretarias e assim promoveu o acionamento do Plano de Contingência (PLANCON), envolvendo também a Secretaria Nacional de Proteção e Defesa Civil (SEPDEC), CEPDEC, IPA, IPT e Corpo de Bombeiros. Do mesmo modo, foi instalado em Santos um gabinete de crise para a operação do nível de "Alerta" do PPDC, contando com a participação das secretarias municipais competentes e dos órgãos componentes do SINPDEC. Ademais, os municípios contaram com recursos financeiros provenientes do governo estadual e federal para as ações de resposta e recuperação.

Diante disso, foram realizadas vistorias técnicas para promover a remoção preventiva e definitiva dos moradores em função da situação de vulnerabilidade nos locais afetados e também se iniciou o levantamento das intervenções estruturais necessárias à redução do risco remanescente nessas áreas.

No caso de Guarujá, somente na primeira quinzena, a Defesa Civil municipal promoveu 89 vistorias técnicas, recebendo apoio da CEPDEC por meio das equipes técnicas do IPA e IPT para as ações de resposta. Vale ressaltar que a Prefeitura de Guarujá por meio do PLANCON disponibilizou a Escola Municipal Prof. Dirce Valério para o acolhimento e abrigamento da população atingida; o total de abrigados na escola do município foi de 279 pessoas. O fim das buscas pelas vítimas soterradas por escorregamentos em Guarujá foi decretado pelo Corpo de Bombeiros no dia 10/03/2020, após localizar a última vítima, no caso, membro da corporação.

O Governo do Estado de São Paulo destinou durante 1 ano um auxílio emergencial para as famílias das áreas de risco que tiveram suas moradias afetadas pelos movimentos de massa. Além disso, a Prefeitura de Guarujá cadastrou todas as famílias em programas habitacionais e contribuiu com um auxílio municipal, o qual permanece até os dias atuais e só se encerrará quando estas famílias forem contempladas com moradias.

Os técnicos da Defesa Civil municipal apontaram no "Relatório Técnico de 100 Dias" diversos locais onde são necessárias ações mitigadoras em caráter emergencial. Diversas destas já foram realizadas, entretanto muitas delas ainda estão em vias de execução. Ressalta-se que as demolições preventivas (Figura 6A) das moradias localizadas nos escorregamentos e ou em suas adjacências ocorreram segundo critérios técnicos e sempre acompanhados de geólogos da Defesa Civil e engenheiros da prefeitura. As demolições foram planejadas pela Defesa Civil e realizadas de comum acordo com os moradores das áreas de risco.

O município de Guarujá realizou uma obra emergencial de estabilização no Morro do Macaco Molhado (Figura 6B) por meio de recursos disponibilizados pelo Governo Estadual em um total de R\$ 25 milhões. Além disso, a Prefeitura de Guarujá solicitou recursos para ações de limpeza e remoção do material mobilizado nas áreas de risco geológico onde o Governo Federal realizou o repasse de R\$ 20,5 milhões para que sejam adotadas essas medidas, medidas essas que já foram realizadas pelo município.

Dezenas de medidas não estruturais foram implementadas em Guarujá após o evento de março de 2020, sendo elas: aumento do efetivo da Defesa Civil, com a contratação de 10 agentes de Defesa Civil e 1 geólogo; recebimento de equipamentos por parte do Governo do Estado; recebimento de viaturas por parte da Prefeitura Municipal de Guarujá; tratativas com o IPT visando à atualização do PMRR; utilização de geotecnologias para melhorar o trabalho dos técnicos e agentes de Defesa Civil e também a criação em caráter experimental de um Núcleo Comunitário de Proteção e Defesa Civil (NUPDEC) na região da Serra do Guararu, mais especificamente na Prahna Branca.

No caso de Santos, foram definidos 41 locais onde seriam necessárias intervenções emergenciais de segurança, principalmente obras de estabilização de encosta. Estas vêm sendo executadas conforme uma classificação de prioridade definida pelos técnicos municipais, sendo aquelas de maior prioridade já finalizadas (Figura 7). Os recursos utilizados para tanto são provenientes do Município, Estado e União.



Figura 6. 6A: Demolições de moradias no Morro do Macaco Molhado. 6B: Obra de contenção no Morro do Macaco Molhado.

Além das obras de estabilização, foi indicado o acolhimento das famílias cujas moradias foram interditadas e indicadas para remoção, bem como a demolição destas e a recuperação ambiental dos terrenos. Para o abrigo emergencial, o Município disponibilizou quatro alojamentos sob coordenação da Secretaria de Desenvolvimento Social

(Seabrigo AIF, Seacolhe AIF, Albergue Noturno e Casa das Anas), além de locais de apoio mantidos pela municipalidade ou outras organizações comunitárias (Vila Criativa da Vila Progresso, UME Terezinha Maria Calçada Bastos, UME Monte Cabrão, sedes da Sociedade de Melhoramentos dos bairros Caneleira e Vila São Jorge e quadras da União Imperial e da Unidos dos Morros).

Cerca de 500 famílias ainda hoje recebem auxílio moradia emergencial, pago em conjunto pela Companhia de Habitação da Baixada Santista (COHAB-ST) e Companhia de Desenvolvimento Habitacional e Urbano do Estado de São Paulo (CDHU). Quanto à demolição das moradias, esta vem sendo realizada com recursos municipais e federais.

Quanto às medidas não estruturais implementadas por Santos após o desastre, cabe destacar: o reforço da equipe municipal de Defesa Civil, com a contratação de técnicos concursados (engenheiros e agentes de Defesa Civil); o recebimento de equipamentos por parte do Governo Estadual; as tratativas visando à contratação de atualização completa do PMRR; a remodelação dos treinamentos de formação dos NUPDECS; e a recente elaboração e implementação de planos que buscam, dentre outros objetivos, reduzir a vulnerabilidade do município frente às mudanças climáticas, como o Plano de Ação Climática de Santos (SANTOS, 2022) e o Plano Municipal de Conservação e Recuperação da Mata Atlântica (SANTOS, 2021).



Figura 7. Fotos obtidas entre 2020 e 2021 mostram exemplos de obras de estabilização já finalizadas em Santos: A, na Rua Santa Marta, Morro São Bento, e B, entre as ruas 1 e 8, nos morros Pacheco e Penha.

4 CONCLUSÕES

Buscou-se no presente artigo descrever a situação de desastre decorrente das chuvas extremas registradas em Guarujá e Santos entre os dias 2 e 3 de março de 2020. Como consequência das centenas de ocorrências nas encostas desses municípios, houve o registro de 42 óbitos e 47 feridos, além da interdição e posterior remoção de centenas de moradias. Atualmente, os municípios ainda seguem implementando as ações de reconstrução pós-desastre, principalmente por meio da execução de obras de segurança, demolição das moradias interditadas e recuperação das áreas degradadas.

Apesar do preparo das equipes municipais de Defesa Civil, que inclusive operam um plano preventivo que tem como finalidade reduzir o número de mortes decorrentes de escorregamentos, este evento comprova que ações de convivência com o risco por si só não são suficientes. A ocupação irregular de terrenos suscetíveis a eventos perigosos é um problema estrutural cujo manejo e solução exige a integração de políticas públicas habitacionais, sociais, ambientais, de planejamento, entre outras. Deve-se ter como foco o devido e justo atendimento às famílias mais vulneráveis que, por falta de condições mínimas de subsistência, se expõem ao perigo das áreas ambientalmente inadequadas à ocupação.

No que concerne especificamente às ações municipais de Proteção e Defesa Civil, ao longo dos anos acostumou-se a conviver com a rotina incessante do rodízio de profissionais lidando com essas atividades, ao sabor das conveniências políticas e limitações administrativas. Com o aumento da frequência de eventos de chuvas extremas que resultam em grandes desastres é tempo de fortalecer os órgãos municipais de Defesa Civil por meio da profissionalização do seu quadro, tornando-o permanente.

O investimento realizado ao longo dos anos em treinamento e equipamentos, que geram também a valiosa experiência do profissional, é desperdiçado invariavelmente a cada quatro anos. Para que seja solucionado esse problema, se faz necessário a criação da carreira de agente de Defesa Civil e a contratação de técnicos que contribuam para a gestão do risco e no gerenciamento dos desastres, como exemplo, geólogos, engenheiros

e meteorologistas, como é o caso dos municípios de Santos e Guarujá.

Por fim, vale destacar que as ações de Proteção e Defesa Civil devem ser elaboradas e implementadas de forma integrada por todos os setores competentes da administração pública, sejam estes municipais, estaduais ou federais, não cabendo somente aos órgãos de Defesa Civil a responsabilidade única e isolada de tão importante tarefa. Para tanto, é essencial que esses setores elaborem e implementem de forma integrada políticas públicas que busquem resolver essa questão, inclusive definindo ações correspondentes no planejamento orçamentário das respectivas pastas.

REFERÊNCIAS

ABREU, J.V; FERNANDEZ, C.A.S; MACEDO, E.S. Escorregamentos deflagrados na Serra do Guararu, Guarujá (SP): Desastre ocorrido no dia 02 de março de 2020, *in 13º Simpósio Nacional de Geomorfologia*, 01 Ed., 2022, São José dos Campos, *Anais...* São José dos Campos: SINAGEO, 2022, p.844-851, 2022.

BRASIL. Lei 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 [...] e dá outras providências. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2011-2014/2012/lei/112608.htm> Acesso em: 12 jul. 2022.

BRASIL. Ministério do Desenvolvimento Regional/Secretaria Nacional de Proteção e Defesa Civil. Portaria nº448, de 04 de março de 2020a. "Reconhecer, por procedimento sumário o Estado de Calamidade Pública no Município de Guarujá/SP, COBRADE - 1.3.2.1.4, Chuvas intensas, conforme Decreto Municipal nº13.529, de 03 de março de 2020", Diário Oficial da União, Brasília, DF, 04 de março de 2020. Edição 44, Seção 1, p.10.

BRASIL. Ministério do Desenvolvimento Regional/Secretaria Nacional de Proteção e Defesa Civil. Portaria nº449, de 03 de março de 2020b.

“Reconhecer, por procedimento sumário, a Situação de Emergência nos municípios de Santos/SP, conforme Decreto nº8.874, de 03 de março 2020; e São Vicente/SP, Decreto nº5179-A de 03 de março de 2020, em decorrência de Tempestades/Chuvas Intensas - COBRADE - 1.3.2.1.4”, Diário Oficial da União, Brasília, DF, 04 de março de 2020. Edição 44, Seção 1, p.10.

CONFEDERAÇÃO NACIONAL DE MUNICÍPIOS (CNM). *Danos e prejuízos causados por desastres no Brasil entre 2013 a 2022*. Brasília: CNM, Estudos Técnicos, 2022. Disponível em: < <https://www.cnm.org.br/biblioteca/exibe/15317> > Acesso em: 11 jul. 2022.

GUARUJÁ. Decreto Municipal nº13.529, de 03 de março de 2020. “Declara Estado de Calamidade Pública nas áreas do Município de Guarujá afetados pela situação anormal, caracterizada pelo volume imprevisível de chuvas intensas e seus efeitos no território do Município do Guarujá ocorridas nas datas de 02 e 03 de março de 2020 - COBRADE 1.3.2.1.4/ chuvas - e dá outras providências”, Diário Oficial de Guarujá, Guarujá, SP, 03 março de 2020. Edição 4.386, p.3.

INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS DO ESTADO DE SÃO PAULO (IPT). *Levantamento das condicionantes do meio físico e estabelecimento de critérios normativos para a ocupação urbana dos morros de Santos e São Vicente*. São Paulo: IPT, volume de textos, Relatório nº 11599, 1979.

INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS DO ESTADO DE SÃO PAULO (IPT). *Mapa Geomorfológico do Estado de São Paulo, escala 1:1.000.000*. Vol. 1 e 2. São Paulo, 1981.

INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS DO ESTADO DE SÃO PAULO (IPT). *Atualização do Plano Municipal de Redução de Riscos para o município de Santos – SP*. São Paulo: IPT, Relatório nº 127648-205, 2012.

INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS DO ESTADO DE SÃO PAULO (IPT). *Carta de suscetibilidade a movimentos gravitacionais de massa e inundação do Município de Guarujá – SP, escala 1:25.000*. São Paulo, 2013a.

INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS DO ESTADO DE SÃO PAULO (IPT). *Carta de suscetibilidade a movimentos gravitacionais de massa e inundação do Município de Santos – SP, escala 1:25.000*. São Paulo, 2013b.

INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS DO ESTADO DE SÃO PAULO (IPT). *Atualização do Plano Municipal de Redução de Risco de Deslizamento para o Município do Guarujá – SP*. São Paulo: IPT, Relatório Técnico nº 148222-205, 2016.

INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS DO ESTADO DE SÃO PAULO (IPT), INSTITUTO GEOLÓGICO (IG). *Carta Geotécnica do Município de Guarujá – SP, escala 1:20.000*. São Paulo, 1989.

PERROTA, M.M.; SALVADOR, E.D.; LOPES, R.C.; D’AGOSTINO, L.Z.; PERUFFO, N.; GOMES, S.D.; SACHS, L.L.B.; MEIRA, V.T.; LACERDA FILHO, J.V. *Mapa Geológico do Estado de São Paulo, escala 1:750.000*. Programa Levantamentos Geológicos Básicos do Brasil, CPRM, São Paulo, 2006.

SANTOS. Decreto Municipal nº8.874, de 03 de março de 2020. “Declara em Situação de Emergência a área do município de Santos afetada por chuvas intensas (COBRADE 1.3.2.1.4 conforme IN/MI 02/2016), e dá outras providências”, Diário Oficial de Santos, Santos, SP, 03 março de 2020. Edição 7.554, p.1.

SANTOS. Prefeitura Municipal de Santos. *Plano de Conservação e Recuperação da Mata Atlântica*. Santos, 2021.

SANTOS. Prefeitura Municipal de Santos. *Plano de Ação Climática de Santos*. Santos, 2022.

SANTOS, D. J.; PEDRA, G. U.; SILVA, M. G. B.; GUIMARÃES JÚNIOR, C. A.; ALVES, L. M.; SAMPAIO, G.; MARENGO, J. A. Future rainfall and temperature changes in Brazil under global warming levels of 1.5°C, 2°C and 4°C. *Sustainability in Debate*, Brasília, 11 (3), p.74-90, 2020.

SÃO PAULO. Decreto estadual nº64.285, de 03 de março de 2020. “Homologa sumariamente, por 180 (cento e oitenta) dias, o Decreto do Prefeito do Município de Santos, que declarou Situação de Emergência em áreas do Município”, Diário Oficial do Estado de São Paulo, 03 março de 2020. Vol. 130, nº 43.

MORTES POR DESLIZAMENTOS NO BRASIL: 1988 A 2022

DEATHS FROM LANDSLIDES IN BRAZIL: 1988 TO 2022

EDUARDO SOARES DE MACEDO

Instituto de Pesquisas Tecnológicas do estado de São Paulo – IPT. São Paulo, Brasil. esmacedo@ipt.br

LUCAS HENRIQUE SANDRE

Instituto de Pesquisas Tecnológicas do estado de São Paulo – IPT. São Paulo, Brasil. lucashenrique@ipt.br

RESUMO ABSTRACT

Os movimentos de massa são os processos geológicos que mais causam vítimas fatais no Brasil. De 1988 a 2022, 4146 pessoas foram vitimadas em 16 estados, 269 municípios e em 959 eventos. As principais cidades estão localizadas na região serrana do Rio de Janeiro, sendo elas Petrópolis, Teresópolis e Nova Friburgo. Os dados estão no Banco de Dados de mortes por deslizamentos compilados pelo Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo, a partir de notícias da mídia em suas várias plataformas digitais e impressas, artigos científicos, trabalhos acadêmicos dentre várias fontes disponíveis.

Palavras-chave: Deslizamentos; movimentos de massa; vítimas; Banco de Dados; Brasil.

Mass movements are the geological processes that most cause fatalities in Brazil. From 1988 to 2022, 4146 people were victimized in 16 states, 269 municipalities and in 959 events. The main cities are located in the mountainous region of Rio de Janeiro state, namely Petrópolis, Teresópolis and Nova Friburgo. The data are in the Landslide Deaths Database compiled by the Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo, from media news on its various digital and print platforms, scientific articles, academic works among various available sources.

Keywords: Landslides; mass movements; fatalities; Database; Brasil.

1 INTRODUÇÃO

A coleta e organização de dados são uma etapa importante para a análise, avaliação e proposta de soluções para qualquer problema que se apresente, principalmente no setor público. Quando se trata da gestão de riscos geológicos, o que se exige é a construção de uma base de dados atualizada sobre os eventos que já ocorreram, conhecendo a localização geográfica, época/período em que ocorreram, número de fatalidades, dentre outros dados.

Com o objetivo de sanar essa necessidade, o Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo (IPT) começou em 1988 um trabalho de catalogação desses eventos de movimentos de massa com fatalidades em nível nacional, com o

objetivo de ter uma ideia da realidade brasileira e as informações necessárias para a prevenção e gestão de riscos e desastres. Este Banco de Dados de fatalidades em movimentos de massa foi pioneiro no país e conta após 34 anos com uma quantidade relevante de dados inseridos, de tal maneira que é utilizado pelo Poder Público para analisar a distribuição de recursos para a prevenção de desastres nos municípios. Estes dados vêm sendo publicados ao longo dos anos por Macedo e Akioosi (1996), Macedo et al. (1999) e Macedo e Martins (2015).

Atualmente o Banco de Dados apresenta 959 eventos catalogados em 269 municípios, em 16 estados, constituindo um total de 4146 fatalidades entre 1988 e junho de 2022.

2 CARACTERÍSTICAS DO BANCO DE DADOS

O Banco de Dados quando foi concebido previa a utilização como fonte primária de informação a mídia impressa, principalmente os jornais Folha de São Paulo, O Estado de São Paulo, e também jornais locais de regiões que foram atingidas pelos desastres, além de informações em órgãos oficiais, Defesa Civil local (por exemplo) e artigos técnico-científicos. Após a difusão da internet, a mídia digital se tornou a principal fonte de aquisição de dados.

O Banco de Dados utiliza a classificação de movimentos de massa em três tipologias: deslizamentos, quedas de bloco e corridas de massa. Assim, além de se obter os dados dos eventos com vítimas por meio de notícias jornalísticas, esse dado deve passar por uma triagem, uma interpretação da notícia, para que se diferenciem os tipos de movimentos de massa entre si, e, também distinguir se o evento ocorreu de maneira natural associado a eventos climáticos (chuvas) ou se foi causado exclusivamente pela ação humana. No caso em que a ação antrópica foi o agente responsável pelo evento, como escavação em uma obra, por exemplo, o mesmo é classificado como oriundo de uma falha humana ou de projeto, e este dado não é inserido no Banco. O Banco somente apresenta dados de eventos catalogados que ocorreram como risco natural, geológico e relacionado a causas climáticas, mesmo que com a intervenção humana.

Para melhor compilação dos dados, o Banco de Dados foi elaborado no software Microsoft Access, uma vez que este software realiza relações diretas entre as tabelas (Figura 1). Assim, uma vez o dado inserido, automaticamente as tabelas secundárias são preenchidas, facilitando a procura de eventos e a visualização de forma mais rápida, contribuindo para trabalho de interpretação dos dados, independentemente do conhecimento prévio do usuário.

Foram criadas 03 (três) tabelas para organização dos dados, permitindo um relacionamento mais adequado entre os dados, facilitando a procura dos registros e a visualização dos mesmos de forma rápida, dependendo do interesse do usuário.

A tabela MUNICÍPIO é composta pelos seguintes dados:

- IBGE_ID – consiste no código de identificação da Malha Municipal de 1996 do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE);
- MUNICÍPIO – nome do município registrado na Malha Municipal de 1996 do IBGE;
- ESTADO – nome do estado onde localiza-se o município com base na Malha Municipal de 1996 do IBGE;
- REGESTADO – região do estado onde situa-se o município;
- COD_MUN – código de 03 (três) letras criados a partir de iniciais características para identificação de imagens (fotos, jornais, revistas, etc.).

A tabela ACIDENTE contém todas as informações necessárias do evento inserido no Banco de Dados. É composta dos seguintes dados:

- ACIDENTE_ID – código identificador do acidente, representado por números e letras como se segue 20220530PEREC.01, onde xxxxxxxx(ano, mês e dia) xx (estado) xxx (código referente ao COD_MUN da tabela Município).xx (número sequencial de eventos para aquele local e dia);
- ANO – ano de ocorrência do acidente;
- MÊS – mês de ocorrência do acidente;
- DIA – dia de ocorrência do acidente;
- IBGE_ID – município;
- LOCALIZAÇÃO – complementação do local do acidente (rua, bairro, residência, rio, etc.);
- PROCESSO – processo gerador do acidente (deslizamento, queda de blocos, corrida);
- DESCRIÇÃO – descrição do evento com meio físico, dados das chuvas, horário do evento, etc.
- MORTES – número de mortes registradas no acidente;
- VÍTIMAS – nome;
- MULHERES – gênero;
- HOMENS – gênero;
- GÊNERO NÃO IDENTIFICADO – indicação de não identificação de gênero;
- CRIANÇAS (0-11) – idade da vítima a partir da classificação do IBGE;
- ADOLESCENTE (12-17) – idade da vítima a partir da classificação do IBGE;

- ADULTOS (18-59) – idade da vítima a partir da classificação do IBGE;
- IDOSOS (60+) – idade da vítima a partir da classificação do IBGE;
- IDADE NÃO IDENTIFICADA – indicação de não identificação de idade;
- FONTE – fonte de obtenção dos dados do acidente (jornal, link do website contendo a notícia, etc.).

Na montagem do Banco, a Tabela Acidentes continha o dado Localização que acabou sendo

utilizado para descrever não só a localização, mas alguma descrição do processo, os dados das vítimas (nome e idade), além de outras informações como intensidade de chuvas. Observou-se que era necessário discretizar essas informações e assim criaram-se as colunas de Descrição; Vítimas (nome); para análise de gênero as colunas Mulheres; Homens; Gênero não Identificado; para análise da idade das vítimas as colunas Crianças (0-11 anos); Adolescentes (12-17 anos); Adultos (18-59 anos); Idosos (+ 60 anos).

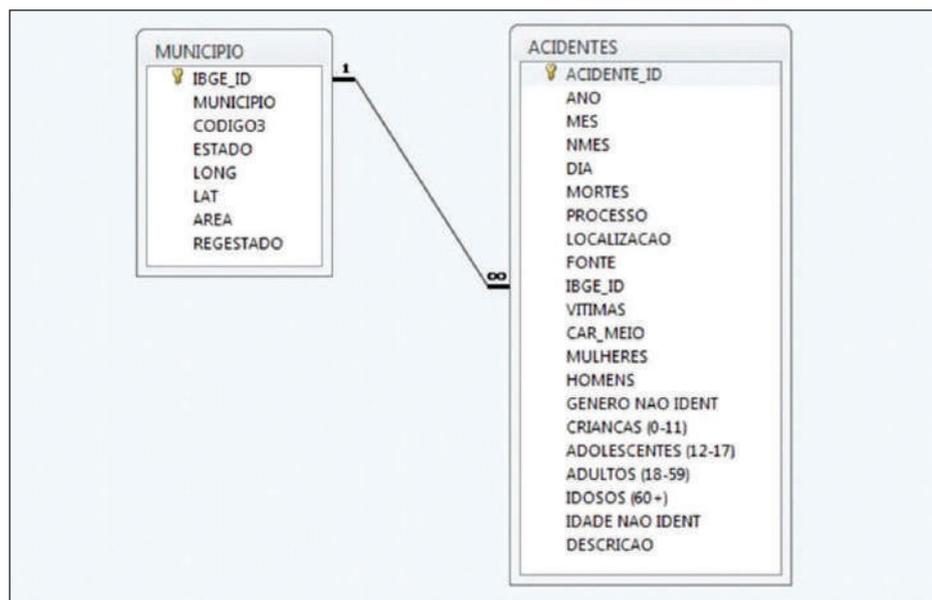


Figura 1. Relações criadas entre as tabelas no Banco de Dados, utilizando o software Microsoft Access.

3 ANÁLISE DOS DADOS DO BANCO DE MORTES

A análise detalhada do Banco de Dados deve ser feita levando-se em consideração algumas características dos eventos listados. Nas cidades brasileiras, os movimentos de massa podem ocorrer de forma totalmente natural ou induzidos pela ação antrópica, por meio da ocupação desordenada com cortes de taludes e aterros lançados, concentração e lançamento de águas servidas, desmatamento, moradias com baixa qualidade construtiva e que aumentam as solicitações sobre as vertentes.

Desta maneira, é relativamente comum a ocorrência de eventos de deslizamentos induzidos pela ação antrópica. Estes eventos estão con-

tabilizados no Banco de Dados porque a modificação causada pelo homem gerou instabilidade da encosta sendo um agente preparatório tendo a chuva como o agente deflagrador.

Sem dúvidas o Banco de Dados está incompleto. É certo que com o advento da internet a possibilidade de noticiar-se qualquer evento com vítimas se tornou muito maior do que anteriormente se fazia contando apenas com a mídia impressa. Mas também é possível que a morte de uma pessoa causada por movimentos de massa em alguma cidade do sertão profundo do país tem grande possibilidade de passar despercebida pela mídia e assim não ser contabilizada no Banco de Dados.

Também já foi observado que basear-se apenas pela descrição jornalística do evento pode trazer erros de classificação do evento. Outro pro-

blema é a classificação diferente do usual, como por exemplo, nos eventos de corridas de massa do norte de Santa Catarina em 2008 que no Banco está com 135 vítimas nas diversas cidades, mas no Atlas Brasileiro de Desastres Naturais, editado pelo UFSC-CEPED (2013), foi considerado os fluxos de lama e detritos (corridas) como atributos de enxurradas, características estas que divergem de outros autores e até mesmo da COBRADE (Classificação e Codificação Brasileira de Desastres).

3.1 Análise dos dados do banco de mortes por ano

A Figura 2 apresenta os dados cadastrados no Banco de Mortes por ano de ocorrência. O total de vítimas em todo o país entre 1988 e junho de 2022 é de 4146, com média anual de 118 vítimas. Percebe-se que há quatro grupos de dados: o grupo I, anos em que os eventos não passaram de 30 óbitos, equivalente a 23% da distribuição; o grupo II, que corresponde a um número de fatalidades entre 31 e 100, 51%; o grupo III, que geraram entre

101 e 300 mortes, equivalente a 20%; e o grupo IV, em que o número de vítimas passou de 301, proporcional a 6% dos casos, correspondendo a 2011 e 2022.

Em termos de comparação com a média anual (118 vítimas), observa-se que 80% dos eventos apresentaram número de vítimas abaixo dessa média.

Observa-se que existem alguns casos anômalos ao longo dos anos, porém entre toda a distribuição, o ano de 2011 apresenta maior destaque, pois possui um número de óbitos extremamente maior (969) que os outros anos. Isto se deve a um evento extremo que atingiu a Região Serrana do Rio de Janeiro no verão de 2011, afetando principalmente os municípios de Nova Friburgo (429 mortes), Teresópolis (382 mortes), e Petrópolis (74 mortes). Outro ano que se destaca é 2022, cujos dados ainda são parciais, com 443 vítimas. Entretanto, exceto por estes dois anos, as outras anomalias se apresentam no grupo III, entre 101 a 300 mortes, ocorrendo nos anos de 1988, 1995, 1996, 2003, 2008, 2010 e 2020.

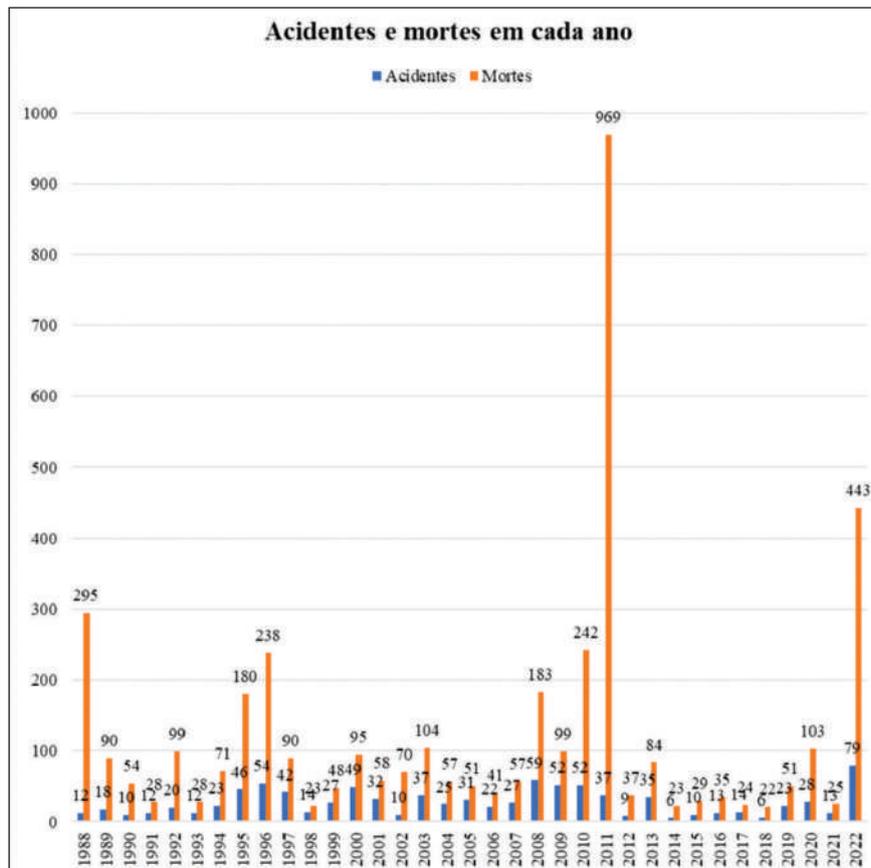


Figura 2. Gráfico de distribuição de mortes por deslizamentos entre 1988 e junho de 2022.

3.2 Análise dos dados do banco de mortes por estados

Observa-se na Figura 3, o gráfico dos dez estados que tiveram mais óbitos.

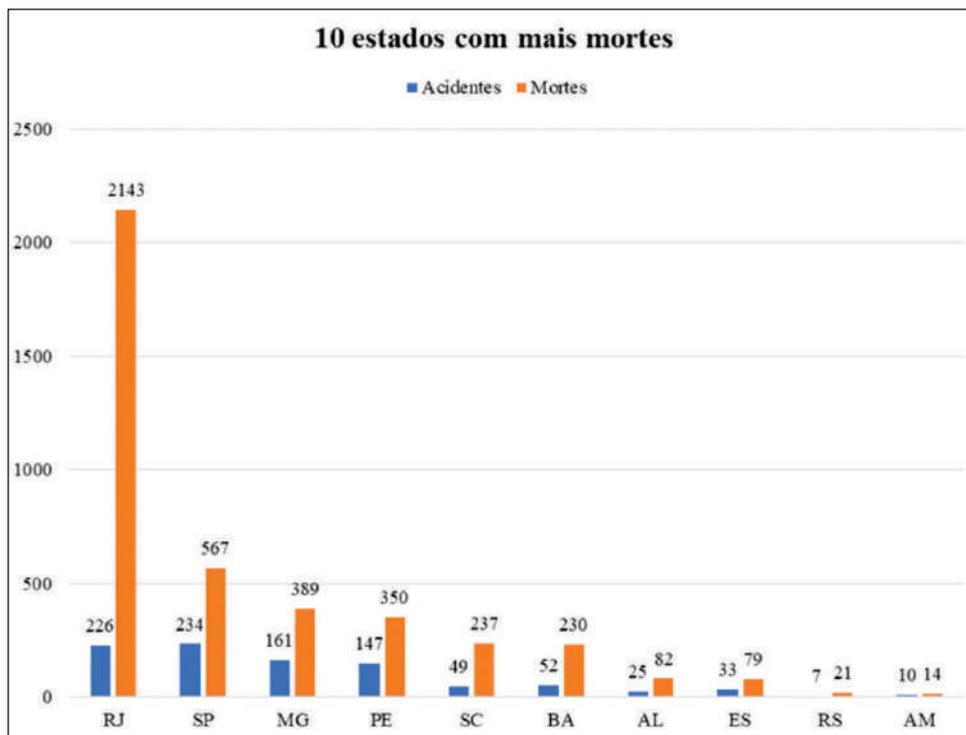


Figura 3. Gráfico de mortes por deslizamentos nos dez principais estados entre 1988 e junho de 2022.

O estado que apresenta maior número de óbitos é o Rio de Janeiro, com 3,8 vezes mais que o estado de São Paulo que está em segundo lugar. Nota-se também que mesmo com essa grande diferença em número de vítimas, o Rio de Janeiro tem aproximadamente o mesmo número de acidentes que São Paulo. Mesmo se desprezarmos o evento de 2011 com 932 vítimas, o Rio de Janeiro ainda assim apresenta 2,2 vezes mais óbitos que São Paulo. A relação entre número de vítimas e número de acidentes mostra que o Rio de Janeiro tem em média 9,5 vítimas por acidente, enquanto São Paulo, Minas Gerais e Pernambuco apresentam 2,4 vítimas por acidente. Interessante notar que a Bahia e Santa Catarina apresentam a relação vítimas por acidente elevada, sendo 4,4 e 4,8 respectivamente.

O estado de São Paulo apresenta o segundo maior número de óbitos, sendo que as áreas litorrâneas paulistas relacionadas às encostas da Serra do Mar apresentam, relativamente, um número baixo de fatalidades (100 vítimas ou 17,6% do to-

tal). Isso pode ser devido à implementação desde 1988 do Plano Preventivo de Defesa Civil (PPDC), caracterizado por monitoramento constante das chuvas e das áreas de risco e por um sistema de gestão de defesa civil (Macedo et al., 1999).

Os estados de Minas Gerais e Pernambuco apresentam dados semelhantes em termos de óbitos e número de eventos. No entanto, apenas em 2022, Pernambuco teve 122 vítimas. O mesmo ocorre entre Bahia e Santa Catarina, onde neste último tivemos em 2008 uma série de eventos extremos no Vale do Itajaí, que gerou 135 vítimas.

3.3 Análise dos dados do banco de mortes por municípios

Analisando-se a Figura 4, observa-se que dentre os 10 municípios com maior número de óbitos, seis deles se localizam no estado do Rio de Janeiro, sendo que dentre estas localidades Petrópolis, Nova Friburgo e Teresópolis estão inseridas na mesma área da região serrana do estado

do Rio de Janeiro. Estes municípios sofreram um evento extremo em 2011, já comentado anteriormente. Nestas três cidades o número de vítimas (1506) representa 70,3% do total do estado do Rio de Janeiro (2143) e 36,3% do total nacional (4146). Chama a atenção o baixo número de eventos em Teresópolis (12) e Nova Friburgo (7) com relação a Petrópolis (66).

A presença de Jaboaão de Guararapes entre as 10 cidades com mais mortes se deve aos eventos de 2022 com 62 vítimas.

Percebe-se também que quase todos os municípios apresentados na Figura 4 são locais em que há grande pressão para a ocupação de encostas, uma vez que áreas mais planas, de menor risco, já foram ocupadas. Além disso, muitas destas cidades se localizam em regiões montanhosas e

serranas que apresentam altas declividades, contribuindo para os eventos de movimentos de massa, como em regiões serranas ou litorâneas, por exemplo. É de se esperar, então, um aumento no número de áreas de risco e mesmo do nível de risco dentro das áreas já existentes.

Dentre as dez cidades com mais vítimas, quatro são capitais, ou seja, cidades de grande importância para seus estados e regiões metropolitanas, atraindo a migração de pessoas e aumentando a pressão para ocupação de locais com alta suscetibilidade a movimentos de massa. Rio de Janeiro, São Paulo, Salvador e Recife apresentam ocorrências com vítimas com uma distribuição temporal regular, tanto com eventos com grande número de fatalidades quanto eventos com poucos óbitos.

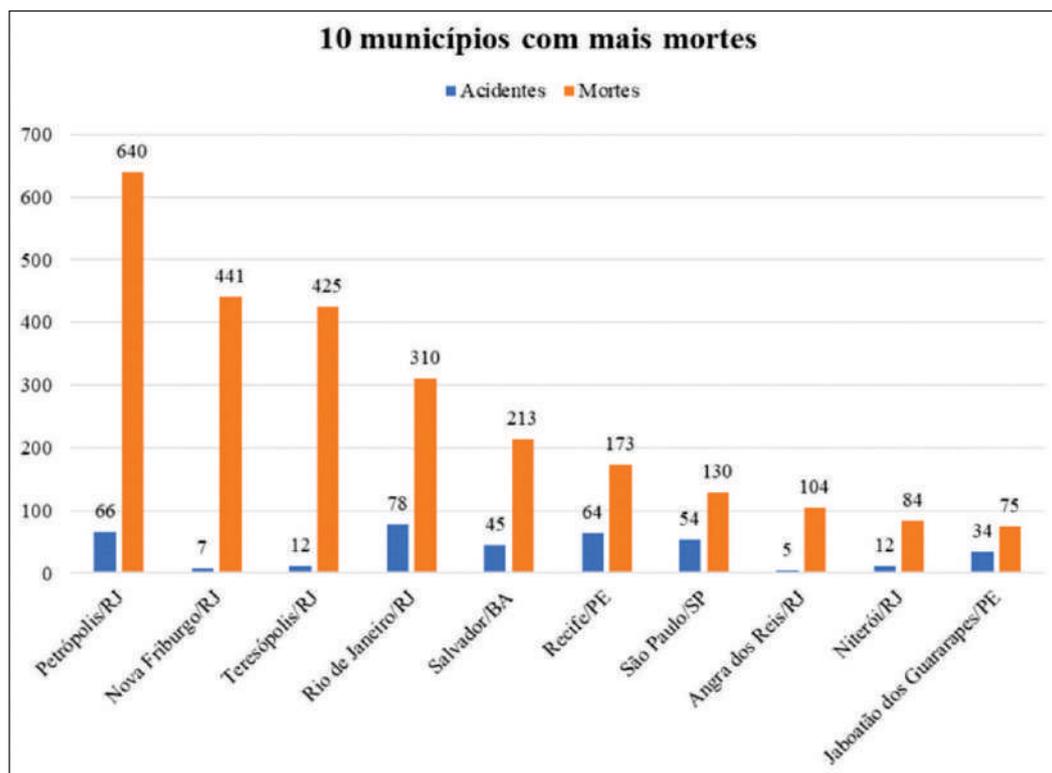


Figura 4. Os 10 municípios que apresentam maior número de fatalidades entre 1988 e junho de 2022.

A Figura 5 mostra um gráfico com os 10 municípios e a relação do número de vítimas por grupo de 100 mil habitantes. Esse índice é bastante utilizado em análises socioeconômicas. Observa-se que novamente o destaque para as cidades da região serrana do Rio de Janeiro com índices ex-

pressivos de 208 vítimas a cada 100 mil habitantes para Petrópolis, 230 em Nova Friburgo e 229 em Teresópolis. Interessante notar que nas grandes cidades do país esse índice é pequeno, como em São Paulo (1), Rio de Janeiro (5), Salvador (7) e Recife (10).

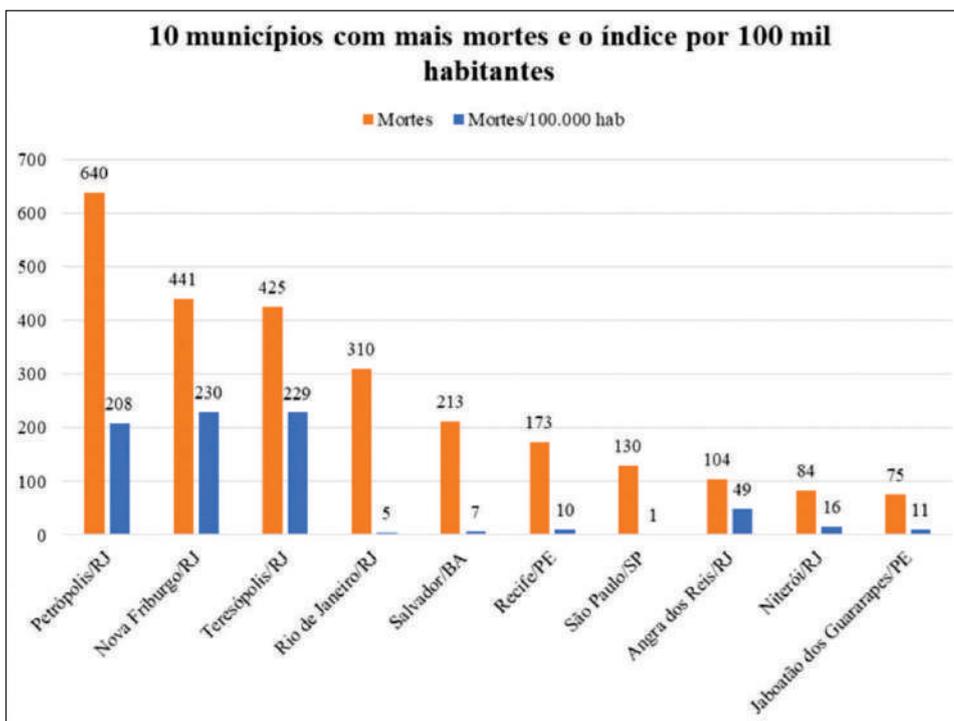


Figura 5. Índice de mortes por 100 mil habitantes nos 10 municípios com mais vítimas.

Na Figura 6 estão os municípios que possuem os maiores índices de mortes por 100 mil habitantes. Neste caso, os pequenos municípios com pequenas populações atingem grandes valo-

res mesmo com apenas um evento, como o caso de Timbé do Sul. Mas é de se notar que as mesmas três cidades da região serrana do Rio de Janeiro se mantêm entre os dez maiores índices.

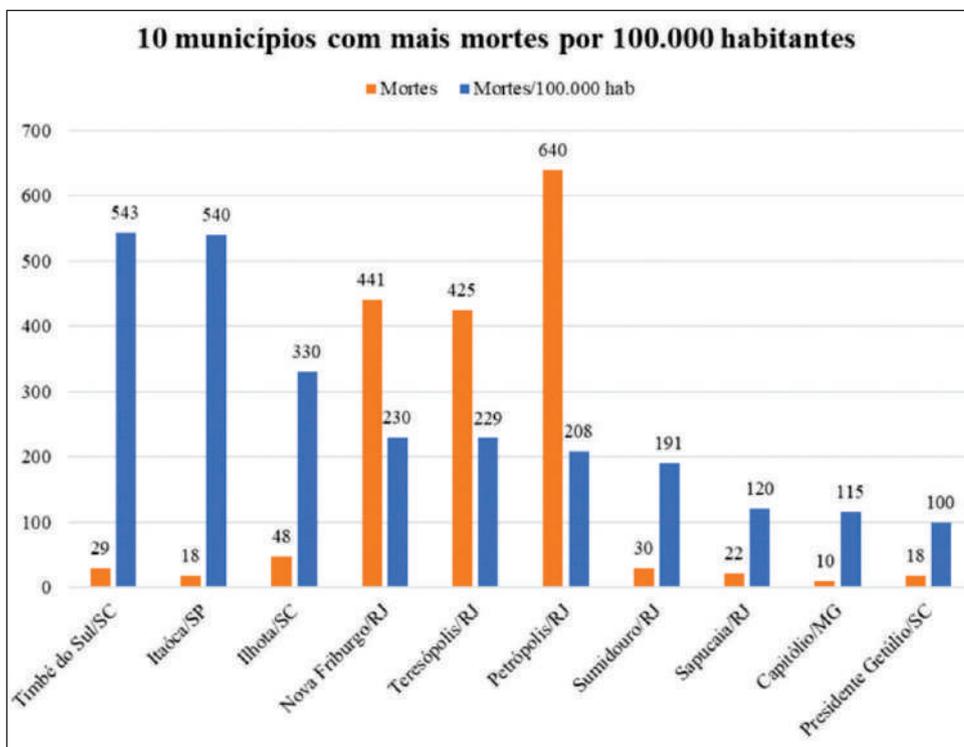


Figura 6. Índice de mortes por 100 mil habitantes nos 10 municípios com os maiores índices.

4 CONCLUSÕES

Os eventos de movimentos de massa que geram mortes apresentam certa distinção entre si, como a frequência em que ocorrem em determinadas regiões. Por exemplo, em alguns estados os eventos são frequentes, mas com pequeno número de vítimas, como em Minas Gerais; e em outros ocorrem eventos extremos de menor frequência e grande número de vítimas, como em Santa Catarina. Em outras localidades ocorrem ambos os tipos de eventos: alta frequência e poucas fatalidades, e com grande número de vítimas e frequência menor, exemplificando o caso do estado do Rio de Janeiro.

Outra característica dos eventos é a sua distribuição temporal aparentemente cíclica, com exceção de eventos extremos. Observa-se uma tendência de a cada 6 ou 7 anos ocorrerem eventos com número de mortes maior, talvez devido a variações climáticas, como por exemplo El Niño ou La Niña.

Por fim, observa-se que as cidades que apresentam maior número de vítimas por deslizamentos são cidades maiores, com maior pressão econômico-social para a ocupação de encostas. Dentre as dez cidades com maior número de vítimas, ao menos seis têm grande população e alta suscetibilidade aos movimentos de massa. Outras cidades de menor porte apresentam grande suscetibilidade natural a movimentos de massa, pois se localizam em regiões serranas (Nova Friburgo, Teresópolis e Petrópolis, por exemplo) ou em regiões litorâneas com áreas serranas, como a Serra do Mar.

REFERÊNCIAS

MACEDO, E.S.; AKIOSSI, A. Escorregamentos ocorridos no Brasil entre 1988 e 1996: levantamento a partir de notícias de jornal. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 39, Salvador. Anais...Salvador, SBG (Núcleo Bahia-Sergipe): v. 4, p. 149-152. 1996.

MACEDO, E. S.; ALBERTO, M. C.; SALLES, E. R. Informatização do cadastramento de acidentes de escorregamentos com vítimas fatais ocorridos no Brasil, no período de 1988 a 1999. In: 9 CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA DE ENGENHARIA, 1999, São Pedro. Anais... São Paulo: ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE GEOLOGIA DE ENGENHARIA, 1999.

MACEDO, E. S.; MARTINS, P. P. D. Análise do Banco de Dados por deslizamentos do Instituto de Pesquisas Tecnológicas (IPT). In: 15º CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA DE ENGENHARIA, 2015, Bento Gonçalves. Anais... São Paulo: ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE GEOLOGIA DE ENGENHARIA, 2015.

UFSC-CEPED. Universidade Federal de Santa Catarina – Centro Universitário de Estudos e Pesquisas sobre Desastres. Atlas brasileiro de desastres naturais: 1991 a 2012. 2 ed, Florianópolis: CEPED UFSC, 2013.

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.

REFLEXÕES SOBRE O LIVRO “INVESTIGAÇÕES GEOLÓGICO-GEOTÉCNICAS – GUIA DE BOAS PRÁTICAS”, PUBLICADO PELA ABGE, EM 2021

JOÃO JERONIMO MONTICELLI
Géologo (IGc-USP, 1971) e Mestre em Geotecnia (EESC-USP, 1984)

1 INTRODUÇÃO

O livro “Investigações geológico-geotécnicas – Guia de boas práticas” é uma coletânea de seis publicações e um Apêndice (Monticelli, 2021).

Reúne em um só volume quatro publicações da ABGE de grande sucesso editorial: o “Manual de Sondagens” (livro 3), “Ensaio de permeabilidade em solos – Orientações para sua execução no campo” (livro 4), “Ensaio de perda d’água sob pressão – Diretrizes” (livro 5) e “Diretrizes para descrição de sondagens – 2ª Tentativa” (livro 6). A essas se juntaram outras duas publicações afeitas ao tema: “Investigações geológico-geotécnicas para obras de infraestrutura – Diretriz AGS-BR” (livro 1) e “Geofísica aplicada” (livro 2), versão suscita do livro “Geofísica aplicada à geologia de engenharia e meio ambiente – Manual de boas práticas”.

O Apêndice contém listagem de 499 teses de mestrado, doutorado e livre docência que versam sobre o tema, produzidas por 28 unidades de ensino superior brasileiras (17 universidades), disponíveis em meio digital no endereço eletrônico da ABGE e acessíveis em sua íntegra aos interessados, por meio de *QR Code*.

A tarefa do editor do livro se completa com esse artigo, contendo reflexões e sugestões à direção da ABGE e compartilhada com os leitores da RBGEA.

2 RESGATE DE CONCEITOS, METODOLOGIAS E TÉCNICAS

Os seis livros dão créditos aos autores e participantes de todas as publicações, atual e anteriores, lembrando que as primeiras edições remontam a década de 1970.

Uma das principais finalidades da coletânea foi a de resgatar conceitos, metodologias e práticas consagradas e disponibilizá-las ao meio técnico e acadêmico, visando atingir não só os colegas profissionais e acadêmicos da área de geotecnia, mas o mercado empresarial envolvido no tema “Investigações”. Esse resgate se inicia com um Glossário que abre o Livro 1, escrito de forma didática e com base em publicações da ABGE, principalmente o livro “Geologia de engenharia e ambiental” (Oliveira e Monticeli, 2018a). O Glossário contém 30 termos de interesse, entre os quais a própria definição de “Investigação geológico-geotécnica”, que jamais pode ser entendida como uma simples “execução de sondagens mecânicas e alguns ensaios geotécnicos”.

A Figura 1 ilustra os conceitos de **Geotecnia** e de **Engenharia Geotécnica** como elas estão consideradas na coletânea. **Geotecnia**, termo já consagrado, mas nem sempre praticado, é a reunião de três áreas técnicas ou disciplinas: **Geologia de Engenharia**, **Mecânica dos Solos** e **Mecânica das Rochas**. E **Engenharia Geotécnica** é a aplicação dessas três disciplinas em todas as etapas de vida de uma obra, envolvendo estudo, projeto, construção, operação e descomissionamento ou descharacterização do empreendimento. A Geotecnia,

para bem atender aos projetos geotécnicos, necessita do aporte de inúmeras outras disciplinas ou áreas técnicas (e de seus respectivos expertises) , resumidamente citadas na Figura 1 como Engenharias, Geociências e Ciências Ambientais.

ENGENHARIA GEOTÉCNICA: APLICAÇÕES DA GEOTECNIA

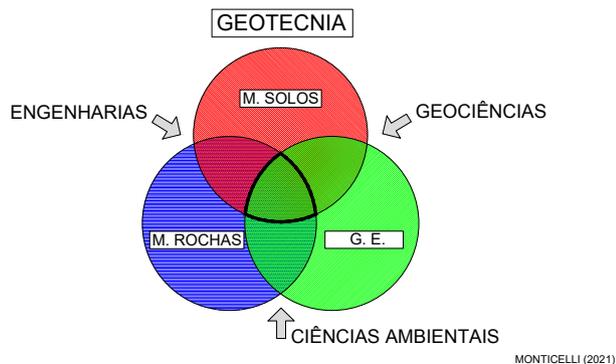


Figura 1. Geotecnia e Engenharia Geotécnica.

Infelizmente, ao desconsiderar tal base conceitual, ou as considerar de maneira equivocada, uma série de omissões e erros em obras acabam ocorrendo. A Figura 2 mostra áreas de sombreamento, que se estendem, na prática, aos próprios profissionais e acadêmicos que se capacitam e nelas atuam. É fácil perceber que a Engenharia Geotécnica não se restringe a ser praticada por apenas um dos profissionais expertises em uma das três disciplinas que compõem a Geotecnia e, mesmo estes, necessitam recorrer e se interagir com outras especialistas. No que se refere às relações Geotecnia – Engenharia Geotécnica, a abordagem acima complementa a reflexão feita por Santos (2019), aqui na própria RBGEA, e aquela descrita por Oliveira e Monticeli (2018b).

Cabe a ABGE, através da RBGEA e de outros veículos de divulgação, um papel importante: incentivar o debate dos conceitos constantes em suas publicações, em especial os apresentados na coletânea.

3 PADRONIZAÇÃO E DIGITALIZAÇÃO DE INFORMAÇÕES

Um dos principais avanços dado pela coletânea foi a inclusão do Livro 1, resultado da parceria da ABGE com o Grupo AGS-BR (www.padraoags.com.br) que, além de fazer uma listagem

de tipos de investigações geológico-geotécnicas e respectivas finalidades, contém abordagem sobre padronização e digitalização de informações geotécnicas. O tema padronização – digitação de informações, além de constar da agenda da ABGE em eventos, publicações e debates, acaba de receber atenção na Conferência Europeia da IAEG, em Atenas, outubro de 2021, onde o Prof. Resat Ulusay, da Universidade de Ankara, irá proferir uma palestra, cujo título em tradução literal seria: “Importância da padronização da caracterização de rochas e de ensaios em geoengenharia e tendências futuras”. Aqui foi utilizado o termo **geoengenharia**, cada vez mais frequente no exterior, para dar ampla abrangência, incluindo não só a Geotecnia e a Engenharia Geotécnica, mas também áreas correlatas, que foram descritas como engenharias, geociências e ciências ambientais na Figura 1. Oliveira e Monticeli (2018b) também comentam o termo **geoengenharia**.

A apresentação digital de perfis de sondagens (logs) tem se tornado comum no Brasil, mas ainda é incipiente a padronização da caracterização geológico-geotécnica (onde for possível e desejável), e praticamente ausente o formato digital único, que permitiria a formação de banco de dados e intercâmbio eficaz das informações entre os vários protagonistas envolvidos, nas diversas etapas de investigações e durante toda a vida útil de um empreendimento. A ABGE e o Grupo AGS-BR têm promovido a divulgação desses conceitos, que se coadunam à implantação do BIM da construção civil no país, mas com enormes lacunas a serem sanadas.

4 IMAGEAMENTO EM FUROS DE SONDAJENS

O livro 3, “Manual de Sondagens”, contém atualização do tema “imageamento de furos”. Entretanto, os avanços decorrentes dos procedimentos de execução, interpretação e representação de resultados são tantos que há necessidade de uma publicação, na forma de diretriz, manual ou guia, para tratar especificamente do assunto

5 DESCRIÇÃO DE SONDAGENS E CLASSIFICAÇÃO DE MACIÇOS

O termo "Descrição de Sondagens", em vez de "Classificação de Sondagens", foi adotado como título do livro 6, apesar de algumas divergências no meio profissional. Essa adoção resgata o termo original usado nas décadas de 1960 e 1970. O termo "Descrição" é amplo, um sinônimo de "Caracterização" e evita confusão com o uso da palavra "Classificação", que é melhor empregada ao se referir à "Classificação de Maciços Rochosos". Os termos Caracterização, Classificação, Compartimentação e Zoneamento de maciços estão suficientemente conceituados em várias publicações da ABGE, inclusive no Livro 6.

Os autores do Livro 6 preferiram retirar todo o capítulo referente à Classificação de Maciços presente na edição anterior, de 2013, sugerindo que o assunto seja tratado à parte, em uma publicação específica, bem como o tema modelo geológico/modelo geológico-geotécnico, ainda

pendente de uma publicação na forma de diretriz, manual ou guia.

O Livro 6 contém um novo parâmetro de descrição de testemunhos de sondagem, o Empastilhamento. Contém, ainda, explicações sobre a obtenção do RQD (Rock Quality Designation) e IQR (Índice de Qualidade da Rocha), assunto que desperta controvérsias no meio técnico.

Na Figura 2 é possível visualizar que o IQR, ao se utilizar de trechos isofraturados, em vez do comprimento da manobra, separa com mais precisão trechos decimétricos do maciço de mesma qualidade, nada impedindo as demais interpretações serem equivalentes ao RQD, inclusive seu uso na classificação de maciços e correlações empíricas com parâmetros geomecânicos. Atualmente, portanto, deve-se escolher um dos procedimentos: RQD, quando considera a manobra ou IQR, quando se considera trecho isofraturado, sendo este último o recomendado na coletânea.

DETERMINAÇÃO PRÁTICA IQR/RQD

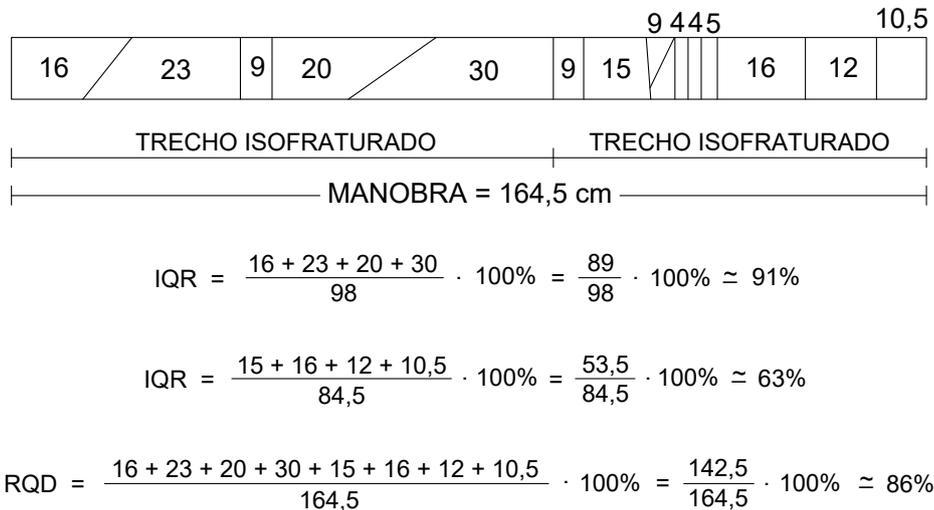


Figura 2. Critério para cálculo do IQR e do RQD.

Os procedimentos, hoje definidos como IQR, foram desenvolvidos - caso não falhe a memória - pelo autor, então geólogo do IPT, em meados dos anos 1970 e constaram de publicação da ABGE na década seguinte (Monticeli, 1986). Na época, além da tradução, o critério original de obtenção do RQD foi adaptado às condições encontradas

nas investigações para os estudos de viabilidade de maciços basálticos e areníticos da Barragem de Porto Primavera (SP/MS) e de Rosana (SP/PR). Caso se adotasse o comprimento por manobra, as regiões muito a extremamente fraturadas, e mesmo a então denominadas "juntas -falhas" (zonas de expressiva continuidade sub-horizontal, de es-

pessuras centimétricas a decimétricas, contendo preenchimentos argilosos e estrias de fricção, presentes em núcleos dos derrames basálticos) não estariam bem identificadas pelo critério proposto por Deere, mas seriam ao se considerar trechos isofraturados. O RQD foi proposto originalmente para sondagens com diâmetro mínimo de 76 mm e vedada a sua aplicação a maciços alterados. Essa consideração foi substituída, desde a década de 1970, pela exigência de recuperação mínima de 75%, com exceções aprovadas pela Fiscalização.

Interessante notar que o parâmetro RQD/IQR tem recebido críticas favoráveis e desfavoráveis desde a sua proposta original feita por Deere. Sérgio N.A. de Brito, em 1987, artigo republicado nesse número da RBGEA, levantou objeção por ser o RQD um parâmetro aplicável apenas a testemunhos de sondagens, não podendo “ser observável no campo”.

6 ENSAIOS DE PERMEABILIDADE

O assunto é abordado em todos os livros e em profundidade nos Livros 4 e 5.

O Livro 4 deve rever as apresentações do “ensaio de infiltração por meio do anel duplo” e do ensaio com o uso do “permeômetro de Guelph”. Esses ensaios medem “taxa ou velocidade de infiltração” e são destinados a estimar a permeabilidade da parte superficial de solos, de utilidade a estudos ambientais e agronômicos.

Importante constatar que o termo “permeabilidade” foi usado em todos os livros, para designar a condutividade hidráulica dos terrenos, mas evitando confundir-se com o termo “coeficiente de permeabilidade”, dada a especificidade e restrições conceituais deste último, apesar do símbolo “K” e da unidade (cm/s) ser utilizado para ambos os casos. A condutividade hidráulica também é expressa em perda d’água específica (PE), unidade em (L/min.m) / (Kgf/cm²). Comumente são feitas correlações aproximadas entre a PE e a condutividade/permeabilidade K em ensaios em furos de sondagens, assunto abordado no Livro 6.

Um importante passo foi dado na publicação “Ensaio de perda d’água sob pressão – Diretrizes” (Livro 5). A revisão e atualização dessa publicação resgatou o histórico da sua edição original,

de 1975, época que o IPT investiu no desenvolvimento de várias tecnologias de barragens, entre as quais a proposição de adequações do Ensaio Lugeon às condições brasileiras, consolidada na edição pioneira de 1975.

7 ENSAIOS EM AMOSTRAS E PERFIL (LOG) DE SONDAGEM

Os ensaios mais comuns em amostras de sondagens foram tratados no I

Livro 1. Comumente, coletam-se amostras de solos e de rocha para caracterização mineralógica, tecnológica e mecânica em laboratório, cujos resultados e interpretações são feitos à parte, após a campanha de sondagens.

Os modelos de perfis de sondagens têm se mantido inalterados ou com poucos avanços nos últimos anos. Talvez tenha chegado a hora de incentivar pesquisas sobre o aperfeiçoamento da apresentação de perfis, dentre outras, testando modelos que permitam incluir dados quantitativos obtidos no campo e em laboratório, tanto do trecho em solo, como em rocha. O Livro 6 contém tabela, publicada pela ISRM, que apresenta correlação entre características de campo de solo e rocha e a resistência à compressão uniaxial.

8 DIRETRIZ, MANUAL, GUIA E NORMA

A ABGE tem produzido diretrizes, manuais e guias, mas não “normas”. Um recente parecer encomendado pela ABGE analisou as bases jurídicas das normas brasileiras (NBs) emitidas pela ABNT e indicou que nada impede a ABGE utilizar o título “normas”, para suas publicações, ou de parte delas, no formato em que seja decidido pela entidade, principalmente onde há lacunas da ABNT. (Passini & Alvarez, 2021).

Segundo descrito no parecer, “*como regra geral, as normas emitidas pela ABNT (associação de caráter privado) não têm força de lei e nem caráter vinculante. Passa a ter caráter obrigatório se a lei assim o dispuser*”.

Sobre a produção de “normas” pela ABGE, até agora referidas como diretrizes, manuais e guias, o parecer cita que “*a aceitação é voluntária e somente seria vinculante: (i) no plano legal/normativo*”.

caso seja reconhecida e acolhida pelo poder público; e (ii) no plano privado, caso seja mencionada em um contrato como norma a ser observada pelas partes". Outro caminho dado pelo parecer seria "buscar, desde já, um contato com a ABNT para emissão de normas resultantes de trabalho realizado em conjunto com este órgão".

AGRADECIMENTO

À direção da ABGE pela autorização de divulgação de informações referentes ao parecer jurídico sobre "normas ABGE". Ao geólogo Erik Wunder, pelo incentivo à elaboração do presente artigo à RBGEA, quando estava previsto ser apenas um relatório interno à direção da ABGE. Ao geólogo João Paulo Monticelli, pela revisão e sugestões.

REFERÊNCIAS

- Marrano, A.; Monticelli, J.J.; Tressoldi, M. 2021. Diretrizes para descrição de sondagens - 2ª Tentativa. Livro 6, p. 357-441. In: Monticelli, J.J.(ed.). Investigações geológico-geotécnicas - Guia de boas práticas. São Paulo: ABGE.
- Monticelli, J.J. (Ed.) 2021. Investigações geológico-geotécnicas - Guia de boas práticas. 528 p. São Paulo: ABGE.
- Monticeli, J.J. 1986. Influências da compartimentação geológico-geotécnica de maciços rochosos no projeto de fundações de barragens - Fase de viabilidade. Dissertação de Mestrado em Geotecnia, EESC-USP, Síntese de tese, 6. São Paulo: ABGE.
- Oliveira, A.M.S; Monticeli, J.J. (Eds.) 2018a. Geologia de engenharia e ambiental. Volume 1 - Estrutura do livro, 86 p., volume 2 - Métodos e Técnicas, 479 p. e volume 3 - Aplicações, 356 p. São Paulo: ABGE.
- Oliveira, A.M.S.; Monticeli, J.J. 2018b. Introdução. In: Oliveira, A.M.S.; Monticelli, J.J. (eds.). Geologia de Engenharia e Ambiental, capítulo 1, volume 2 - Métodos e Técnicas, p.: 10-20. São Paulo: ABGE.
- Passini & Alvares. 2021. Parecer - Natureza das "normas" a serem emitidas pela ABGE. Parecer jurídico de Passini & Alvares Sociedade de Advogados a ABGE. Disponível em www.abge.org.br.
- Santos, A. R. 2019. Geologia de engenharia: a geociência aplicada que vê o homem enquanto agente geológico. ABGE: Revista Brasileira de Geologia de Engenharia e Ambiental. Volume 9, 01 e 02. São Paulo: ABGE.

ESTÁDIO DO PACAEMBU, EXEMPLO VIRTUOSO DA INTEGRAÇÃO ENTRE ARQUITETURA E GEOLOGIA

PACAEMBU STADIUM, A VIRTUOUS EXAMPLE OF INTEGRATION BETWEEN ARCHITECTURE AND GEOLOGY

ÁLVARO RODRIGUES DOS SANTOS

Geólogo, Ex-pesquisador Sênior V do IPT, Diretor Executivo ARS Geologia Ltda., santosalvaro@uol.com.br

1 INTRODUÇÃO

Em atendimento a solicitação a mim feita pela arquiteta Sol Camacho, como suporte a projeto que desenvolve tendo como tema o estádio do Pacaembu, fiz um “mergulho” em pesquisas sobre essa odisséia arquitetônica paulista, com base em que elaborei esse artigo, o qual reputo bastante oportuno para exemplificar as indispensáveis boas relações entre a Arquitetura/Urbanismo e a Geologia. Além, claro, da oportunidade do registro histórico e da divulgação de uma obra e um contexto de bairro que marcaram virtuosamente a história do urbanismo paulistano.

Com pleno reconhecimento da sociedade paulista o Estádio do Pacaembu é popularmente louvado como o grande patrimônio histórico cultural do esporte no Estado, especialmente pelo que representou e por seu enorme conteúdo emocional na história do futebol paulista, tendo esse sido o motivo destacado de seu tombamento pelo CONPRESP (1988) e pelo CONDEPHAAT (1998).

Reconhecido esse aspecto, há, no entanto, que também se destacar o extraordinário patrimônio arquitetônico representado pelo Estádio do Pacaembu; aspecto que, destaque-se, não passou despercebido dos termos oficiais dos dois atos de tombamento referidos. No âmbito de sua qualidade arquitetônica, considere-se especialmente a perfeita harmonização do projeto e do empreendimento com as feições naturais de ordem geológica e geomorfológica do local em que foi implantado.

Vale aqui reproduzir os conteúdos das duas resoluções de tombamento que tratam essa questão:

CONPRESP – Resolução 04/88

“Artigo 1º - Fica tombado como bem de interesse histórico, cultural, **arquitetônico e ambiental**, o ESTÁDIO MUNICIPAL “PAULO MACHADO DE CARVALHO”, marco cultural na história desportiva e amostragem do estilo arquitetônico da Cidade de São Paulo.”

CONDEPHAAT – Resolução SC 05/98

“Considerando a importância do Conjunto Esportivo do Pacaembu para a história do esporte paulista, cujas origens remontam a iniciativa de educação pelo esporte de jovens paulistanos, a realização de campeonatos e competições esportivas de caráter nacional e a solenidades cívicas;

Considerando a qualidade de sua arquitetura e de sua implantação que soube inserir projeto de grandes dimensões na paisagem, respeitando-a e ao mesmo tempo valorizando urbanisticamente o bairro do Pacaembu,”

2 ARQUITETURA E GEOLOGIA

Entendamos, por princípio, o meio físico geológico como o conjunto maior de fatores geológicos propriamente ditos, geomorfológicos, hidrológicos e pedológicos, consideradas todas suas características físicas e seus processos dinâmicos pretéritos e atuais.

Não há intervenção humana no meio físico geológico natural que não provoque algum tipo de desequilíbrio. O corte em uma encosta, o peso de uma barragem, o vazio provocado pela escavação de um túnel, a impermeabilização do solo causada pela cidade, o rebaixamento forçado do

lençol d'água subterrâneo, o desmatamento de uma região; enfim, ao modificar as condições naturais pré-existentes o homem está interferindo em um estado de equilíbrio dinâmico natural. Como resposta à ação do desequilíbrio há uma mobilização de forças naturais orientadas, como reação, a buscar um novo estado de equilíbrio. Caso esse empenho de busca de um novo equilíbrio se dê isoladamente pela própria Natureza, as consequências para o homem costumam ser catastróficas. Deslizamentos, avarias e acidentes em fundações, recalques de terrenos, colapso de obras subterrâneas, patologias estruturais, violentos processos erosivos, enchentes, etc. Para que essas consequências negativas não aconteçam é necessário que o homem conheça e entenda perfeitamente as características e processos naturais do meio geológico em que está interferindo, de tal forma a melhor adequar seus projetos e estabelecer, ele próprio, uma indispensável condição de equilíbrio entre empreendimento e forças naturais.

Importantíssimo, nesse contexto, termos em conta que os conceitos orientadores de como vão se dar as relações de um determinado empreendimento com o meio natural com o qual interfere são definidos primeira e originalmente nas concepções arquitetônicas que lhe são propostas. É essa concepção arquitetônica, determinante da disposição espacial e do ajuste do empreendimento ao terreno e suas características fisiográficas, que também influenciará, por decorrência conceitual, a escolha dos procedimentos construtivos e as futuras regras de operação e manutenção; todos esses, elementos essenciais nas inter-relações com o meio natural.

Ou seja, será a concepção arquitetônica de partida que determinará o êxito ou o fracasso do empreendimento naquilo que se refere às suas relações com o ambiente geológico-geotécnico, ou de uma forma mais ampla, naquilo que se refere à sua sustentabilidade ambiental. Do que se pode concluir que será essa concepção arquitetônica que, na maioria dos casos, definirá o êxito ou o fracasso financeiro e funcional do empreendimento.

Alguns exemplos práticos são esclarecedores. Ao insistentemente exigir a produção de áreas

planas através de procedimentos generalizados de terraplenagem, os projetos arquitetônicos associados à expansão urbana, seja habitacional, seja empresarial, instalados em áreas de relevo mais acentuado tem trabalhado com uma cultura de terra arrasada. Resultado, instalação de áreas de risco a deslizamentos, exposição dos solos mais profundos extremamente susceptíveis à erosão a intensos processos erosivos em cortes, aterros e bota-foras, deterioração precoce da infra-estrutura instalada, assoreamento de drenagens, favorecimento de enchentes, etc. Sem dúvida, uma concepção urbanística e arquitetônica orientada conceitualmente para relevos mais acentuados evitaria, de início, todos esses problemas.

Vários outros exemplos poderiam ser relatados, todos testemunhando a extrema necessidade da arquitetura e do urbanismo incorporarem em sua prática os cuidados com as características geológicas e hidrológicas dos terrenos afetados. Como concisa diretriz, podemos entender que está colocado o seguinte desafio à arquitetura: usar a ousadia e a criatividade para adequar seus projetos à Natureza, ao invés de, burocraticamente, pretender adequar a Natureza a seus projetos.

Muitas informações e as figuras utilizadas neste artigo são do excelente texto publicado em livro por Wenzel e Munhoz (2012).

3 PRINCIPAIS CARACTERÍSTICAS GEOLÓGICAS DA ÁREA EM QUE FOI IMPLANTADO O ESTÁDIO DO PACAEMBU

Os bairros mais antigos e consolidados da cidade de São Paulo estão situados na região compreendida pelo vértice fechado formado pelos rios Tietê e Pinheiros (figura 1). Geologicamente essa região está inteiramente inserida na Bacia Sedimentar Terciária de São Paulo, em que se destacam formações sedimentares próprias dessa Bacia Sedimentar, como as Formações São Paulo e Resende, sedimentos aluvionares mais recentes associados às antigas e atuais várzeas dos principais rios presentes, Tietê, Pinheiros e Tamanduateí, e alguns afloramentos de rochas graníticas do embasamento cristalino (figura 2).

No que se refere às suas características geomorfológicas, ou seja, de relevo, predomina uma topografia de colinas suaves, onde se destaca, como divisor de águas das bacias do Tietê e do Pinheiros, a eminente presença de um espigão central (uma crista mais alta do relevo), por onde se desenvolvem hoje a Av. Paulista, a Av. Dr. Arnaldo, a Av. Heitor Penteado e a Av. Cerro Corá. Essa crista coincidiria aproximadamente com a bissetriz do referido ângulo formado pelos rios Tietê e Pinheiros (figura 3).

A vertente norte desse espigão central é topograficamente descendente em direção às várzeas

do rio Tietê (Av. 9 de Julho, Av. da Consolação, Av. do Pacaembu, Av. Sumaré, Av. Pompéia...), e sua vertente sudoeste é topograficamente descendente em direção às várzeas do rio Pinheiros (Rua Pamplona, Rua Augusta, Av. Rebouças, Rua Teodoro Sampaio, Rua Cardeal Arco Verde...).

Nessas vertentes estão instaladas nascentes de diversos córregos afluentes dos citados principais rios, como é o caso do córrego do Pacaembu, na cabeceira do qual foi instalado o estádio do Pacaembu.



Figura 3. A linha amarela indica a crista do espigão central, por onde se desenvolvem a Av. Paulista e a Av. Dr. Arnaldo. Dessa vertente descende em direção às várzeas do rio Tietê o vale do Córrego do Pacaembu, em cuja cabeceira foi instalado o estádio.

4 A GROTA ÚMIDA, UM POUCO DA HISTÓRIA DA URBANIZAÇÃO DO BAIRRO DO PACAEMBU

O termo popular grotta corresponde a uma cabeceira de drenagem instalada em uma vertente. Ou seja, trata-se da parte superior de um vale

ocupado por um curso d'água, onde estão instaladas as principais nascentes que dão origem a esse curso. Constitui assim uma área topograficamente funda, normalmente em forma de ferradura, local de afluência e concentração de águas superficiais (águas pluviais de escoamento superficial) e águas subterrâneas que afloram como nascentes.

tes. Do ponto de vista geológico é uma área de franca evolução do relevo, com terrenos úmidos e instáveis, o que lhe caracteriza como pouco afeita à ocupação urbana ou, ao menos, exigente de cuidados especiais para sua ocupação urbana. A grande grota onde foi instalado o estádio corresponde à cabeceira do Córrego do Pacaembu.

Pouco antes de 1930 a Cia. City inicia os serviços de loteamento do bairro do Pacaembu. Em uma concepção arrojada o arruamento do novo bairro se adequa, com suas ruas sinuosas, à topografia ondulada do novo bairro. Esse expedien-

te reduz a demanda de grandes cortes e aterros, evitando ao máximo a introdução de fatores de instabilidade geotécnica no terreno. Mesmo assim os cortes e aterros que se mostram inevitáveis contam com estruturas de arrimo e drenagem que lhes garantem a desejada estabilidade. Concomitantemente todo o bairro é dotado de extenso e eficiente sistema de drenagem, o que inclui a canalização do Córrego do Pacaembu, que corre ao longo do talvegue do vale em direção ao rio Tietê (figura 4).

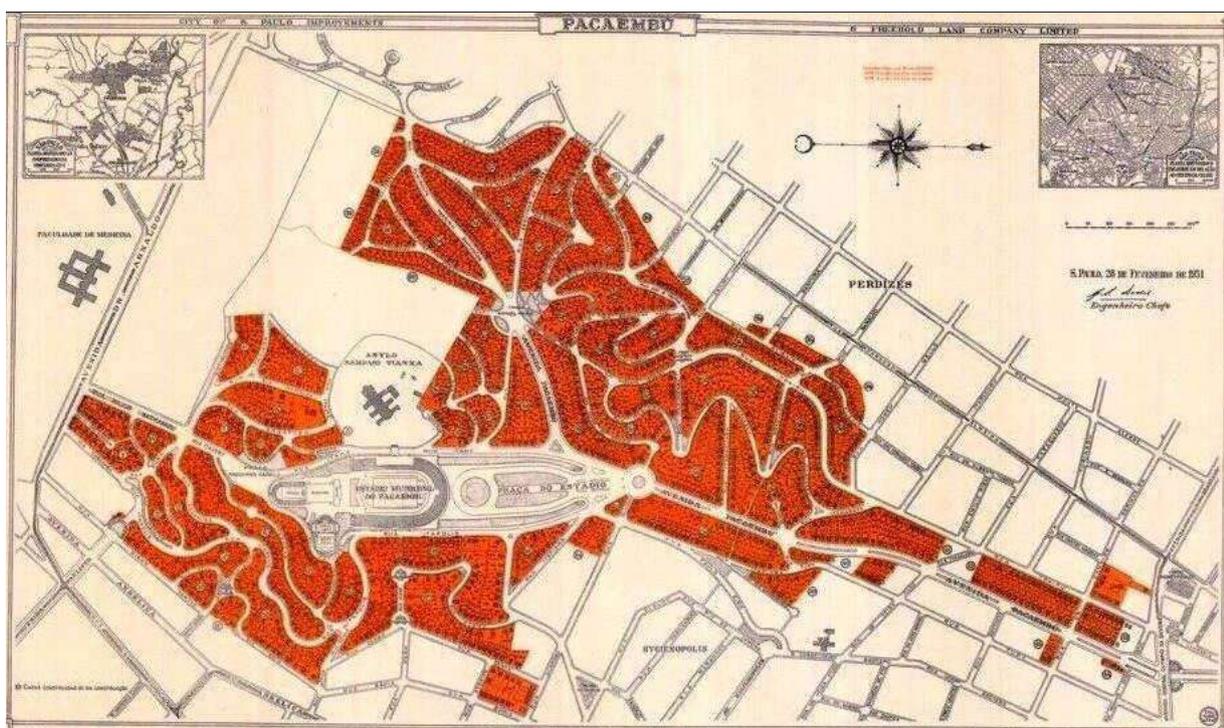


Figura 4. O projeto da Cia. City para urbanização do bairro do Pacaembu.

Com a infraestrutura urbana básica já implantada em todo o bairro, em 1935 a Cia. City, em uma decisão pragmática, já que a área correspondente à cabeceira do córrego do Pacaembu era imprópria à ocupação urbana, e ao mesmo tempo era desejo da Companhia atrair a administração municipal como parceira nos trabalhos de urbanização do novo bairro, doa à municipalidade a área então denominada Grotá Úmida, o que incluía a grotá propriamente dita, ou seja, a cabeceira de drenagem do córrego do Pacaembu, e sua área logo a jusante, hoje ocupada pela Praça Char-

les Muller, integrando uma área total de 75 mil m². Quanto às características hidrológicas da área em foco, é significativo lembrar que na linguagem tupi-guarani Pacaembu tem o significado de "terras alagadas" (figura 5).

A essa época ocorria intensa movimentação da sociedade paulista pela construção de um estádio municipal que pudesse abrigar e incentivar a prática de esportes, em especial o futebol que já atraía as atenções e emoções da população.

Foi assim decidida pela administração pública paulista a construção do Estádio do Pacaem-

bu na área da Grotta Úmida, para cujo projeto foi contratado o afamado Escritório Técnico Ramos de Azevedo, Severo & Villares. A obra do Estádio

é iniciada em meados dos anos 30 e concluída e inaugurada em 1940.

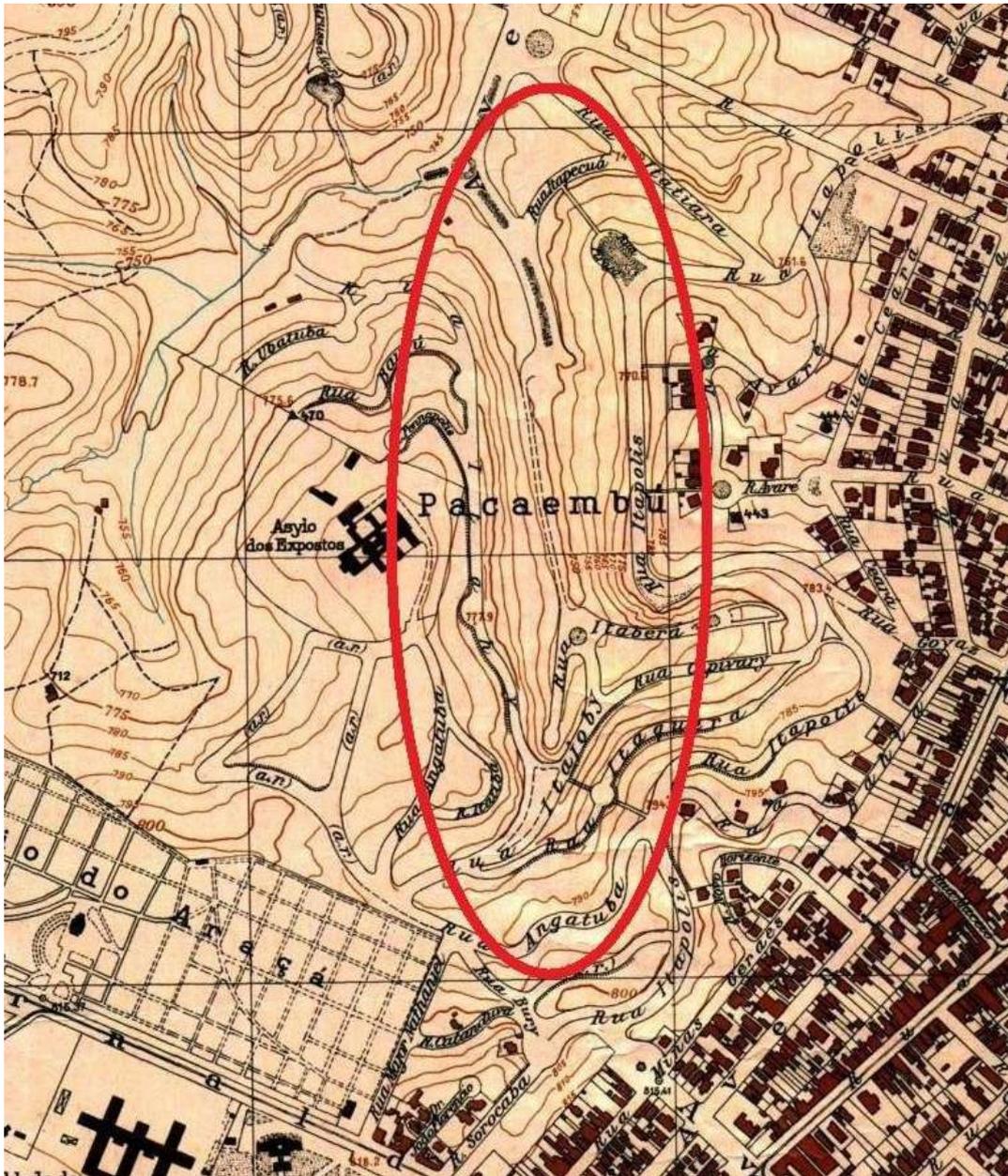


Figura 5. Planta topográfica do início dos anos 1930 mostrando o vale encaixado coincidente com a cabeceira de drenagem (grotta) do córrego do Pacaembu. Notar a expressão topográfica dos flancos da grotta, aproveitados para o assentamento das arquibancadas laterais principais do futuro estádio.

5 O PROJETO DO ESTÁDIO E SUA HARMONIZAÇÃO AMBIENTAL

Tanto por conceitos arquitetônicos próprios, como por inspiração do plano de urbanização do bairro do Pacaembu desenvolvido pela Cia. City,

onde se observavam os cuidados de harmonização do projeto com as características ambientais da região, os projetistas do Estádio adotaram esses mesmos princípios, do que resultou o vislumbre arquitetônico que levou ao encaixe do estádio à conformação topográfica da grotta, com as ar-

quibancadas laterais assentando-se diretamente sobre os taludes naturais dessa feição geológica. Com a eleição desse conceito arquitetônico poucos foram os ajustes de terreno, via cortes e aterros, necessários à implantação do projeto, expressão do virtuoso casamento entre o empreendimento e as condições naturais do local que o recebeu. As próprias arquibancadas laterais compuseram a estrutura de contenção voltada a assegurar uma desejada estabilidade geotécnica dos taludes laterais da grota então ocupada.

O texto a seguir reproduzido, retirado do livro “Museu do Futebol. Arquitetura e requalificação no Estádio do Pacaembu”, de Marianne Wenzel e Mauro Munhoz, dá bem conta do sentido maior dessa preocupação de adequação do projeto do Estádio às condições naturais de seu local de implantação:

“Por acaso ou não, o Estádio do Pacaembu materializará, em 1940, esse desejo e essa vocação paulistana: ele vem a ser atualização de um estádio de futebol inscrito em vale. [...] O seu ajuste paisagístico e urbanístico combina a racionalidade dos efeitos arquitetônicos imediatamente visíveis com a sensualidade dos substratos telúricos envolvidos. Encaixado perfeitamente “nos taludes de uma grota úmida” [...], o estádio se aninha no seu entorno, mais do que se ergue sobre ele, ajustando-se elegantemente como um anfiteatro construído num anfiteatro natural [...].

Ademais, a própria marca do pênalti, calculada como o centro exato do semicírculo que compõe a arquibancada norte, a da entrada, é o índice tácito de um projeto em que campo de jogo, arquitetura, geologia e urbanismo integram uma mesma concepção irradiadora.” (Figuras 6 a 10).



Figura 6. O vale conformado pela cabeceira de drenagem do Córrego Pacaembu em suas características originais. Ao fundo a serra da Cantareira.



Figura 7. As obras em andamento, com as arquibancadas sendo “acomodadas” nos flancos do vale.



Figura 8. Detalhe do canteiro de obras.



Figura 9. Foto panorâmica mostrando o avanço das obras do estádio, identificando-se a estrutura da cobertura do ginásio e a arquibancada lateral direita já assentada sobre o talude da gruta. Ao fundo, a Serra da Cantareira.



Figura 10. As obras de construção do Estádio do Pacaembu já praticamente concluídas. Notar que as conformações geomorfológicas do terreno natural original foram essencialmente respeitadas e mantidas.

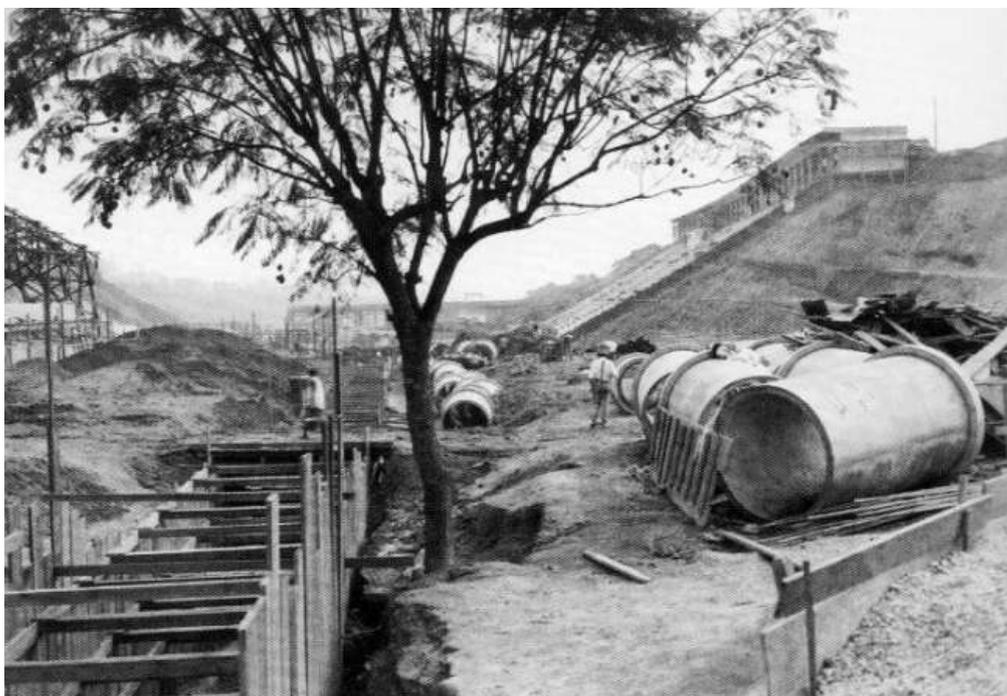


Figura 12. Detalhe dos amplos serviços de drenagem de águas superficiais e profundas.

7 URBANIZAÇÃO E HIDROLOGIA. O PISCINÃO DO PACAEMBU

Com a plena urbanização do bairro do Pacaembu, mais precisamente da região da sub-bacia hidrográfica do Córrego do Pacaembu a montante dos limites da Praça Charles Miller, o que corresponde a uma área próxima a 2,20 km², verificou-se, o que é natural em áreas urbanizadas, um notável aumento do Coeficiente de Escoamento Superficial na região. Isso significa que, com o acréscimo da impermeabilização do solo, seja pela retirada da vegetação natural, seja pela presença de superfícies impermeáveis, como telhados, calçamentos, pavimentação, etc., há uma redução da capacidade dos terrenos em reter águas de chuva por acumulação ou infiltração, do que decorre um considerável aumento do volume dessas águas que escoam superficialmente em direção às drenagens naturais ou construídas.

Para as condições naturais anteriores à urbanização consolidada, a vazão de projeto da galeria que promoveu a canalização do córrego do Pacaembu, 13 m³/s, se mostrava suficiente, mas com o avanço da urbanização somente a área a montante da Praça Charles Miller passou a contribuir, em episódios de chuvas mais intensas, com até

43 m³/s, o que passou a causar comuns e graves enchentes na região.

A solução de engenharia para o problema das enchentes resultou na construção, em 1992, de um reservatório de detenção ("piscinão") coberto sob a Praça Charles Miller. O papel hidráulico desse piscinão é receber e conter em momentos pluviométricos críticos o volume excedente de 43 m³/s provenientes da parte alta da sub-bacia hidrográfica do córrego do Pacaembu situada a montante da Praça. Passado o risco de inundações esse volume retido é vertido na antiga galeria existente sob a Av. Pacaembu (figuras 13 e 14).

Como a região do bairro do Pacaembu que contribui com águas pluviais para o piscinão é de urbanização consolidada, com serviços básicos de infraestrutura urbana e saneamento plenamente instalados, com coleta eficiente de lixo urbano e entulhos de construção civil, sem áreas de solos expostos à erosão, as águas acumuladas pelo piscinão, diferentemente do que ocorre nos demais piscinões instalados na metrópole paulista, são relativamente despoluídas e com baixa carga de sedimentos, o que lhe confere a possibilidade de usos brutos urbanos, como águas de lavagem de áreas urbanas e de irrigação.



Figura 13. Obras do piscinão na Praça Charles Miller.

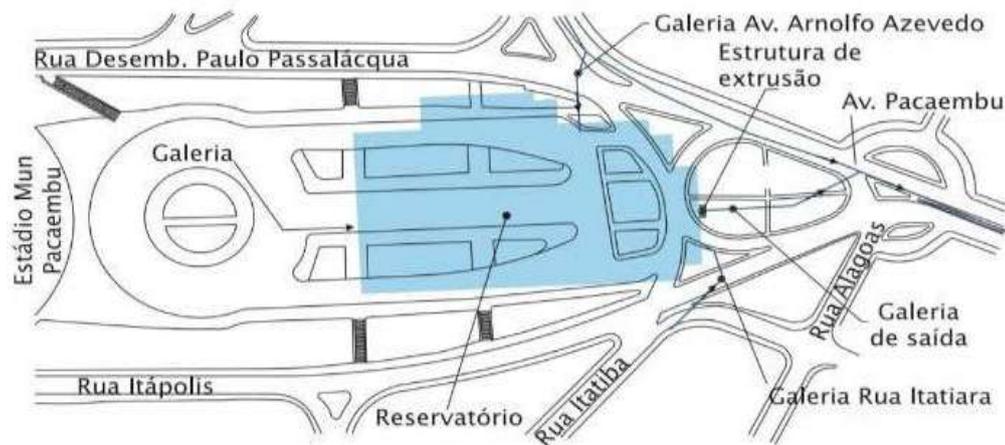


Figura 14. Área da praça em que está instalado o piscinão do Pacaembu.

7.1 Um plano geral para as águas

Com os excelentes serviços de drenagem adotados e implantados pelo projeto do Estádio do Pacaembu e com a implantação do piscinão sob a Praça Charles Miller, o controle hidráulico das águas pluviais e subterrâneas incidentes na área total tombada, Estádio mais Praça, está satisfatoriamente garantido, obviamente dentro das margens de segurança hidrológicas e pluviométricas adotadas pelo projeto do piscinão. Ou seja, as intervenções urbanas na região garantiram o livre

fluxo das águas originais e de seus incrementos pós-urbanização ao longo do vale do córrego do Pacaembu, inclusa sua região de cabeceira.

Porém, considerada a situação de uma certa abundância hídrica promovida pelas condições geológicas da cabeceira de drenagem (grotta) ocupada pelo Estádio, poder-se-ia pensar em um plano de gestão hídrica que, por exemplo, tornasse o Estádio totalmente auto-suficiente para o atendimento de sua demanda hídrica, considerados seus mais diversos usos: lavagem de pisos, irrigação, piscina, sanitários, banheiros, consumo humano

direto, atividades culinárias, etc., Esse objetivo poderia ser alcançado com a instalação de dispositivos de acumulação de águas de chuva, poços profundos para exploração da água subterrânea e pequena estação interna de tratamento de águas. Com esse expediente o Estádio do Pacaembu também estaria colaborando para uma melhor gestão das águas urbanas com vistas ao combate às enchentes, aumentando sua capacidade de retenção de águas de chuva com decorrente alívio das drenagens a jusante, o que o tornaria um exemplo paradigmático dessa tão importante variável hidráulica de combate às inundações urbanas.

8 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Considerado o enorme significado dos aspectos construtivos tratados nesse documento, qual seja o caráter de patrimônio arquitetônico representado pelo Estádio do Pacaembu, especialmente tida em conta sua adequação e harmonização arquitetônica às condições naturais ambientais prevalentes na área que o recebeu, deve-se ressaltar a importância de eventuais alterações físicas

que possam ser introduzidas pelo poder público, por concessionários e concedentes observarem esses mesmos princípios conceituais materializados em um virtuoso casamento entre Arquitetura e Geologia. Paralelamente, evidenciando-os ao público em atendimento a um objetivo informativo e educacional.

No âmbito dessa mesma abordagem, ou seja, em prosseguimento aos diligentes cuidados dos projetistas e construtores do Estádio para com os serviços de drenagem de águas pluviais e subterrâneas, sugere-se pensar em um plano de gestão hídrica do Estádio e áreas limítrofes que lhe torne auto-suficiente em seu consumo de água para os mais diversos usos e ainda o permitam cumprir paradigmática função hidráulica de combate às enchentes urbanas.

REFERÊNCIAS

WENZEL, M.; MUNHOZ, M. A. 2012. Museu do Futebol: Arquitetura e requalificação do Estádio do Pacaembu. 1ª ed. São Paulo: Ed. Romano Guerra, 224 p.

GEO JÚNIOR CONSULTORIA E SUA CONTRIBUIÇÃO PARA UMA GEOCIÊNCIA MAIS EMPREENDEDORA

CONTRIBUTION OF GEO JUNIOR CONSULTORIA
FOR A MORE ENTREPREUNER GEOSCIENCE

JOSÉ GABRIEL ARAÚJO ALVES

Universidade de São Paulo, São Paulo, SP, Brasil, jgaa0@usp.br

LETÍCIA SCHNEID LOPES

Universidade de São Paulo, São Paulo, SP, Brasil, le_schneid@usp.br

WILSON DE LIMA GOMES JUNIOR

Universidade de São Paulo, São Paulo, SP, Brasil, wilsonlgomesj@usp.br

1 GEO JÚNIOR CONSULTORIA, FORMAÇÃO E GESTÃO

A partir da criação de uma empresa fundada por graduandos na França em 1967, se tem também a “fundação” do Movimento Empresa Júnior (MEJ). No Brasil, as primeiras empresas juniores (EJs) começaram a se instalar nas universidades a partir da década de 80 (BRASIL JÚNIOR, 2019). Movidos pelo sentimento de trazer a experiência do mercado de trabalho, fomentando o empreendedorismo ainda na graduação, os alunos do Instituto de Geociências (IGc) da Universidade de São Paulo (USP) criaram a GEO JÚNIOR CONSULTORIA no dia 12/08/1992 (GEO JÚNIOR CONSULTORIA, 2018).

A Geo Júnior Consultoria foi a primeira empresa júnior (EJ) criada no ramo de geociências no Brasil, focada em realizar projetos na área, sob supervisão e apoio de docentes, parceiros e pós-graduandos. Atualmente, a Geo Júnior é formada por alunos dos cursos de Geologia e Licenciatura em Geociências e Educação Ambiental (LiGEA), curso o qual aumentou as oportunidades da corporação para o ramo educacional e de divulgação científica. No início da trajetória da Geo Júnior, a chegada de projetos não era um evento recorrente devido a situação degradante da economia nacional, com crescimento exponencial da inflação e, conseqüentemente, a diminuição do poder de consumo dos brasileiros. Neste âmbito, ao longo

dos primeiros anos poucos trabalhos foram realizados, gerando um baixo valor de capital de giro e indubitavelmente colocando em risco a sobrevivência da empresa. Apesar disso, a empresa manteve seu propósito e serviu de exemplo para inúmeras outras, as quais vieram a ser fundadas no setor.

A divisão atual da Geo Júnior conta com seis diretorias, com suas respectivas atribuições: (I) Administrativo - Financeiro, responsável pela parte jurídica e contabilística; (II) Projetos, a qual prospecta ativamente novos clientes e realiza os trabalhos mais voltados a Geologia; (III) Educacional, que prospecta assim como a anterior e gerencia projetos mais voltados à educação e divulgação científica; (IV) Marketing, zeladora da imagem da empresa, além de recrutar projetos passivamente; (V) Recursos Humanos (RH), incumbido de tratar das relações humanas da organização, além de organizar o processo seletivo; (VI) e a Presidência, responsável jurídico pela EJ, e representante da mesma no conselho Regional, Estadual e Federal do MEJ, comunicando as obrigações, eventos e líder organizacionais (GEO JÚNIOR CONSULTORIA, 2018). Cada uma dessas diretorias possui diretor e vice-diretor, eleitos em pleito eleitoral anual, com uma possibilidade de reeleição somente. Além dos cargos de liderança, existem também os membros assessores, que trabalham divididos em cada diretoria (GEO JÚNIOR CONSULTORIA, 2018).

No entanto, em caso de realização de projetos, todos os membros podem executar tarefas. Além disso, há também um responsável técnico, podendo ser professor(a) e ou pós-graduando(a), o qual realiza a Anotação ou Registro de Responsabilidade Técnica (ART/RRT) perante a Instituição de Ensino Superior (IES) e as instâncias relacionadas, como o CREA e o MEJ (BRASIL JÚNIOR, 2018). Toda essa divisão e demais obrigações e deveres dos participantes estão descritos no Estatuto Social e no Regimento Interno de 2018, que regem também outras atividades, sendo estes submetidos também às normas do Núcleo São Paulo de Empresa Júnior, da Federação Paulista de Empresas Juniores e da Brasil Júnior, que são as instâncias mencionadas anteriormente (BRASIL JÚNIOR, 2019). Ressalta-se ainda que, as EJs são isentas de tributação pela Receita Federal. No entanto, ainda sim elas devem prestar contas ao órgão fiscal, como qualquer empresa (BRASIL, 2016).

Para participar da empresa, o aluno do IGC é submetido ao processo seletivo e “*trainee*” com duração de aproximadamente um mês e meio, em que a grande ideia é simular um processo cujo participante enfrentará quando se candidatar ao mercado de trabalho (GEO JÚNIOR CONSULTORIA, 2018). Portanto, pode-se notar que o ingressante já é induzido a uma nova realidade, mais voltada ao desenvolvimento empreendedor e ao mercado de trabalho, visto que muitos dos empresários juniores nunca trabalharam, consequentemente, têm a EJ como seu primeiro “emprego”. Após sua entrada como membro assessor, o novo integrante é alocado funcionalmente em uma das diretorias. Aqueles que ali já estão, sobretudo os líderes, vão aos poucos transmitindo seus conhecimentos e treinando esses novos membros para assumir futuramente cargos de liderança, pois a EJ funciona em um ciclo (GEO JÚNIOR CONSULTORIA, 2018). Entretanto, não é obrigatório que todos passem por cargos de liderança, mas todos devem ser ao menos treinados até mesmo por ser uma das premissas do MEJ (BRASIL JÚNIOR, 2018).

Os projetos da Geo Júnior englobam várias áreas das geociências, sendo estes, supervisionados por docentes e/ou pós-graduandos. Neste artigo, destaca-se um serviço envolvendo os

setores de Geologia de Engenharia e Ambiental, os quais não são os mais requisitados, mas são vistos como os mais interessantes aos alunos de ambos os cursos. Este e outros projetos são uma excelente oportunidade para que os alunos desenvolvam as habilidades requeridas nesses setores, tornando-os preparados para encarar o desafio do mercado de trabalho, após a conclusão dos cursos na USP. Todo o panorama proporcionado dentro da empresa júnior só é possível devido à boa convivência com os docentes, sendo muitos deles, referência no Brasil e no mundo, além dos pós-graduandos de diversas áreas correlatas, as quais possuem importantes laboratórios de pesquisa no IGC.

Ademais, as parcerias com outras empresas e instituições públicas ou privadas, e/ou profissionais autônomos atuantes nas áreas, são essenciais para que ocorram as atividades na Geo Júnior. Outro ponto importante é a atuação da corporação em projetos compartilhados com outras EJs do MEJ. O MEJ, sobretudo em relação a EJ, é uma grande oportunidade de projetos compartilhados (BRASIL JÚNIOR, 2019). Os serviços de Geomarketing, comumente realizados pela Geo Júnior, surgem de parcerias com empresas dos setores de Administração e Economia, como a Empresa Júnior da Fundação Getúlio Vargas (EJFGV), da Fundação Getúlio Vargas. Além disso, o MEJ é um importante espaço aberto para desenvolvimento de “*networking*” e formação continuada dos juniores, indo desde formações para desenvolvimento pessoal, até construção de modelos de negócio.

Além dos valores arrecadados pelos trabalhos, os mesmos somados aos contatos, trazem oportunidades e ensinamentos que não são encontrados na graduação de forma direta. Portanto, existe a necessidade de se adicionar disciplinas/atividades à ementa, focadas em temas externos à geologia, porém usuais no cotidiano do geólogo profissional. Exemplos simples: empreendedorismo; gestão de projetos, empresarial e interpessoal; e informática. Salienta-se que, estes e outros exemplos são alicerces para a realização de projetos e serviços internos da EJ. Logo, bem como vivenciado na graduação por meio da EJ, estes exemplos também são aplicados profissionalmente em empresas.

Neste sentido, a vivência dentro da EJ permite que os alunos aprendam a gerenciar uma empresa, vender e negociar projetos, e solucionar problemas reais da geologia. Estas oportunidades decorrem por conta de uma forte integração entre as premissas do MEJ, de aprender na prática e incentivar a constante capacitação de seus integrantes, e a missão de cada EJ. Dessa forma, os alunos juniores evoluem e conseguem realizar atividades que a princípio não seriam viáveis, pois eles ainda não concluíram seus cursos.

Há também uma cultura, já citada de forma sucinta, referente à transmissão de conhecimento dos membros mais experientes da EJ e MEJ aos novos integrantes (BRASIL JÚNIOR, 2019), formando líderes e mantendo vivo o movimento. No entanto, por vezes, conhecimentos externos ao tema do curso de graduação se fazem necessários e por isso existem as capacitações, eventos, treinamentos e projetos compartilhados com outras EJs. Outro ponto que se precisa aprimorar na Geo Júnior é o conhecimento de como fundar uma empresa e o processo empreendedor envolvido nisso, pois esta é uma empresa já solidificada há muitos anos e não se tem mais o contato constante com os seus fundadores. Assim, os juniores aprendem apenas como manter e evoluir uma empresa de maior maturação.

Como pode-se observar há inúmeros pontos ainda a evoluir e ações a implementar no ambiente das geociências e na Geo Júnior. De fato, existem outros meios de adquirir conhecimentos nos temas correlatos a geociências e mais aplicados ao mercado, por exemplo, através de projetos de extensão (sobretudo a EJ), grupos de pesquisa e da interligação com grupos externos que possam ensinar sobre outros assuntos. Contudo, estes meios ainda são raros de encontrar nas geociências e acabam mais restritos a cursos mais mercadológicos. Visto que quando um graduando nas geociências busca as EJs, ele normalmente está em busca de colocar a “mão na massa” e por isso, já no processo seletivo ele é submetido a atividades semelhantes a realidade prática do mercado.

Em especial, no IGc-USP não existem outras atividades extracurriculares que tenham em suas propostas o papel de empreender e de trabalhar nas pessoas o empreendedorismo. Logo, uma vez dentro da Geo Júnior, o aluno se torna mais pre-

parado aos desafios do mercado e, conseqüentemente, adquire habilidades de destaque que facilitam sua entrada no mesmo. Isto pode ser visto por meio dos alunos pós-juniores, que conquistaram seu espaço almejado no mercado. E mesmo que a USP ofereça oportunidades no setor, como o Núcleo de Empreendedorismo da USP (NEU), incubadoras de Startups e laboratórios de inovação, elas ainda não são tão disseminadas a cursos como Geologia e LiGEA e ficam mais retidas, novamente, aos mercadológicos.

Dos vários trabalhos já realizados pela Geo Júnior, pode-se citar alguns que são de grande importância para o desenvolvimento dos participantes dentro e fora das geociências. Primeiramente, a exemplo de um serviço interno, quando alguém sai do processo seletivo e vai trabalhar na diretoria de RH (GEO JÚNIOR CONSULTORIA, 2018), raramente o aluno já teve contato com temas como gamificação, trabalho de motivação/engajamento, acompanhamento de pessoal e documentação de entrada e saída de membros. Sendo que todos esses pontos levantados serão realidade na vida profissional e sobretudo se a pessoa em questão almeja construir futuramente seu próprio negócio.

Por outro lado, ao se avaliar um serviço externo, existe um portfólio vasto de serviços, dentro dos quais destaca-se aqui o principal projeto desenvolvido pela Geo Júnior, intitulado “Relatório Ambiental de Viabilidade Hídrica”, próximo a região Metropolitana de São Paulo e voltado aos serviços ambiental e de geologia de engenharia. Ressalta-se que tanto os alunos do LiGEA quanto da Geologia muitas vezes acabam por realizar trabalhos e se capacitar em áreas que envolvem matérias ainda não cursadas, o que “antecipa” os seus conhecimentos e lhes oferece uma oportunidade única. Um bom exemplo são os serviços de Hidrogeologia, Hidrologia e Geologia de Engenharia, como o supracitado, os quais no projeto pedagógico da USP de ambos os cursos pertencem a disciplinas do 8º semestre, sendo que para o LiGEA este é o último.

A partir da promoção dessa formação empreendedora e empresarial, a Geo Júnior vem ao longo dos últimos anos se destacando com maior frequência na formação de professores, geólogos e licenciados (graduados no curso de LiGEA). Como já mencionado, alguns dos pós-juniores

estão hoje com altos cargos em empresas de nomes ou são empreendedores, além daqueles que também realizam trabalho acadêmico, desenvolvendo pesquisas que serão utilizadas pela sociedade. Esses ex-empresários juniores destacados, além de servirem de exemplos aos mais jovens nas EJs, eles são também um reflexo positivo de sua passagem e atuação no MEJ. Eles revelam a importância dessas empresas para a formação de lideranças e de pessoas qualificadas para atuação profissional.

Ademais, a Geo Júnior não se encontra isolada como fonte de disseminação do empreendedorismo nas geociências. Outras EJs do setor vêm obtendo os mesmos resultados e não somente do setor, visto que hoje o MEJ está presente em todos (ou pelo menos em maioria absoluta) dos cursos de graduação existentes no Brasil. Entretanto, assim como nas geociências, alguns cursos também não recebem o conhecimento externo usado pelas empresas no mercado profissional, como tecnologia de informação, gerenciamento de projetos, entre outros. Dessa forma, as EJs se tornam a fonte de aquisição desses conhecimentos para muitos futuros líderes e/ou empreendedores.

2 CONCLUSÃO

Nota-se ao longo do texto a importância da Geo Júnior Consultoria dentro do universo de formação empresarial do IGc, sendo uma empresa de quase trinta anos e com resultados positivos na formação não só “geológica” de seus integrantes, mas também empresarial. Entretanto, há muito espaço para crescimento com apoio do MEJ, das IES e dos colaboradores e parceiros, e se mostra promissor no meio sobretudo da geologia aplicada, com o surgimento de projetos como, por exemplo, o Geomarketing, essencial para a adaptação da Geo Júnior na pandemia da COVID-19.

As exigências do mercado atual de habilidades voltadas ao empreendedorismo e os bons resultados atingidos nos últimos anos estão elevando o interesse dos alunos pelas EJs. A experiência adquirida durante a permanência na EJ oferece aos alunos qualidades diferenciais importantes em processos seletivos de grandes e médias empresas. Sabendo-se disso, a participação dos

alunos na Geo Júnior Consultoria, pode ser de grande importância para suas formações, levando também ao desenvolvimento dos ideais da ABGE e da ABGE Jovem, grupo no qual os graduandos podem participar e melhorar de forma substantiva a sua formação durante os cursos.

REFERÊNCIAS

BRASIL (2016). **Lei N° 13.267, de 6 de abril de 2016: Disciplina a criação e a organização das associações denominadas empresas juniores, com funcionamento perante instituições de ensino superior.** Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2015-2018/2016/lei/l13267.htmhttp://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2015-2018/2016/lei/l13267.htm Acesso em: 26 de abril de 2021.

BRASIL JÚNIOR (s.d.). **Conceito Nacional de Empresa Júnior.** Disponível em: <https://uploads.brasiljunior.org.br/uploads/cms/institutional/file/file/5/CNEJ.pdf>. Acesso em: 26 de abril. 2021.

BRASIL JÚNIOR (2018a). **Código de ética do MEJ.** Publicado em: 01 de agosto de 2018. Disponível em: <https://drive.google.com/file/d/1SQD97cEDJjVnxPzmWAebYp8Xlb8dn3el/view>. Acesso em: 26 de abril. 2021.

BRASIL JÚNIOR (2018b). **Planejamento Estratégico da Rede 2019 - 2021.** Publicado em: 2018. Disponível em: https://drive.google.com/file/d/1a_q0bLPikuJpfn7agoH-L6prTf4fdV2h/view. Acesso em: 26 de abril. 2021.

BRASIL JÚNIOR (2019). **Vivência empresarial: Documento de apoio para o empresário júnior. PE da Rede 2019 - 2021.** Disponível em: <https://drive.google.com/file/d/1TIS4eE0V52hzz81dgTY8zDVPg8e8Y0yu/view>. Acesso em: 26 de abril. 2021.

Conteúdos NEU para novos empreendedores. Notion SO. Disponível em: Conteúdos NEU para novos empreendedores (notion.so). Acesso em: 26 abril 2021.

Disciplinas empreendedoras recomendadas pelo NEU. Notion SO. Disponível em: Disciplinas Empreendedoras recomendadas pelo NEU (notion.so). Acesso em: 26 abril 2021

GEO JÚNIOR CONSULTORIA (2018). **Estatuto Social de 26 de março de 2018.** Acesso em: 26 de abril. 2021

Resolução CoCEX N ° 7824, de setembro de 2019. Comissão de Cultura e Extensão. Universidade de São Paulo. Disponível em: <http://www.le-ginf.usp.br/?resolucao=resolucao-cocex-no-7824-25-de-setembro-de-2019>. Acesso em: 29 de abril de 2021.