



ESPELEO-TEMA

REVISTA BRASILEIRA DEDICADA AO ESTUDO DE CAVERNAS E CARSTE

ISSN 0102-4701 (impresso)

Volume 30 Número 1 Edição Especial

ISSN 2177-1227 (on-line)

Ano 2022



Artigos Originais

METADIAMICTITO FERRUGINOSO E SEU POTENCIAL MUITO ALTO DE OCORRÊNCIA DE CAVIDADES: ESTUDO DE CASO DO VALE DO RIO PEIXE BRAVO, MINAS GERAIS, BRASIL

Felipe Fonseca do Carmo, Rogério Tobias Júnior, Luciana Hiromi Yoshino Kamino & Flávio Fonseca do Carmo

A HISTÓRIA DO TOPGRU

Marcelo Taylor de Lima & Guilherme Augusto Rodrigues de Sousa

AS CAVERNAS NO CAMINHO DAS LINHAS DE TRANSMISSÃO DE ENERGIA - UM RELATO SOBRE A DEFESA DO PATRIMÔNIO ESPELEOLÓGICO PARANAENSE

Rodrigo Aguilar Guimarães, Nair Fernanda Burigo Mochiutti, Gilson Burigo Guimarães, Henrique Simão Pontes, Laís Luana Massuqueto, Antonio Carlos Foltran & Tatiane Ferrari do Vale

Sociedade Brasileira de Espeleologia

www.cavernas.org.br/espeleo-tema.asp

EXPEDIENTE



Sociedade Brasileira de Espeleologia *(Brazilian Speleological Society)*

Endereço (*Address*)

Caixa Postal 7031 - Parque Taquaral
CEP: 13076-970 - Campinas SP - Brasil

Contatos (*Contacts*)

+55 (19) 99681-9224
espeleo-tema@cavernas.org.br

Gestão 2021-2023 (*Management Board 2021-2023*)

Diretoria (*Direction*)

Presidente: Roberto Cassimiro
Vice-presidente: Henrique Simão Pontes
1º Secretária: Elizandra Goldoni Gomig
2º Secretário: Daivisson Santos
1ª. Tesoureira: Tatiane Monteiro
2ª. Tesoureira: Fernanda Burigo Mochiutti

Conselho Fiscal (*Supervisory Board*)

Mariana Barbosa Timo
Edvard Dias Magalhães
Elvis Pereira Barbosa
Rodrigo Severo - Suplente (*Alternate*)
Paulo Henrique Rosado Arenas - Suplente (*Alternate*)

ESPELEO-TEMA

Editores-Chefes (Chief Editors)

Dr. Lucas Padoan de Sá Godinho
Consultor Sênior em Hidrogeologia

MSc. Valdinei Cristi Koppe
*Instituto Mato-grossense de Espeleologia “Ramis Bucair” –
IMEsp*

Dra. Christiane Ramos Donato
Universidade Federal de Sergipe - UFS

Johni Cesar dos Santos
Consultor em Arqueologia e Historiador

Dr. Luciano Emerich Faria
MM Gerdau – Museu das Minas e do Metal

Conselho Editorial (Editorial Board)

Dr. Luiz Eduardo Panisset Travassos
*Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais –
PUC/Minas*

Dr. Heros Augusto Santos Lobo
Universidade Federal de São Carlos – UFSCar

Conselho Consultivo (Consulting Board)

Dr. Astolfo Gomes de Mello Araujo
Universidade de São Paulo – USP

Msc. Elvis Pereira Barbosa
Universidade Estadual de Santa Cruz – UESC

Dra. Eleonora Trajano
*Universidade de São Paulo – USP
Universidade Federal de São Carlos – UFSCar*

Dr. Emerson Galvani
Universidade de São Paulo – USP

Dra. Emília Mariko Kashimoto
Universidade Federal de Mato Grosso do Sul – UFMS

Ezio Rubbioli
Grupo Bambuí de Pesquisas Espeleológicas – GBPE

Dr. Fernando Morais
Universidade Federal do Tocantins - UFT

Francisco Sekiguchi de Carvalho e Buchmann
Universidade Estadual Paulista – UNESP

Dr. Gilson Burigo Guimarães
Universidade Estadual de Ponta Grossa – UEPG

Dr. Gilson Rodolfo Martins
Universidade Federal de Mato Grosso do Sul – UFMS

Dr. Luis Enrique Sánchez
Universidade de São Paulo – USP

Dr. Luiz Afonso Vaz de Figueiredo
Fundação Santo André – FSA

Dr. Maurício de A. Marinho
M&P Cons. Est. Amb.

MSc. Mylène Luíza Cunha Berbert-Born
Cia. de Pesquisa de Recursos Minerais – CPRM

Dr. Nicolás Misailidis Stríkis
Universidade Federal Fluminense - UFF

Dr. Paulo César Boggiani
Universidade de São Paulo – USP

Dr. Ricardo Galeno Fraga de Araújo Pereira
Universidade Federal da Bahia – UFBA

Apoio à Tradução (Translation support)

Dra. Linda Gentry El-Dash
Universidade Estadual de Campinas - Unicamp

Coordenação Editorial (Editorial Coordination)

Flávio Silva Ramos
Instituto Brasileiro de Desenvolvimento e Sustentabilidade - IABS

Esa Gomes Magalhães
Instituto Brasileiro de Desenvolvimento e Sustentabilidade - IABS

Projeto Gráfico e Diagramação (Graphic Design and Diagramming)

Bruno Silva Bastos
Instituto Brasileiro de Desenvolvimento e Sustentabilidade - IABS

Julia Mendes
Instituto Brasileiro de Desenvolvimento e Sustentabilidade - IABS

SUMÁRIO

(CONTENTS)

Editorial 1

ARTIGOS ORIGINAIS

METADIAMICTITO FERRUGINOSO E SEU POTENCIAL MUITO ALTO DE OCORRÊNCIA DE CAVIDADES: ESTUDO DE CASO DO VALE DO RIO PEIXE BRAVO, MINAS GERAIS, BRASIL

IRON-RICH METADIAMICTITE AND ITS VERY HIGH POTENTIAL FOR CAVITY OCCURRENCE: A CASE STUDY FROM THE PEIXE BRAVO RIVER VALLEY, MINAS GERAIS, BRAZIL

Felipe Fonseca do Carmo, Rogério Tobias Júnior, Luciana Hiromi Yoshino Kamino & Flávio Fonseca do Carmo 2

A HISTÓRIA DO TOPGRU

TOPGRU'S HISTORY

Marcelo Taylor de Lima & Guilherme Augusto Rodrigues de Sousa 19

AS CAVERNAS NO CAMINHO DAS LINHAS DE TRANSMISSÃO DE ENERGIA – UM RELATO SOBRE A DEFESA DO PATRIMÔNIO ESPELEOLÓGICO PARANAENSE

THE CAVES IN THE PATH OF POWER TRANSMISSION LINES - A REPORT ON THE DEFENSE OF PARANÁ'S SPELEOLOGICAL HERITAGE

Rodrigo Aguilar Guimarães, Nair Fernanda Burigo Mochiutti, Gilson Burigo Guimarães, Henrique Simão Pontes, Laís Luana Massuqueto, Antonio Carlos Foltran & Tatiane Ferrari do Vale 44

EDITORIAL

Nesta edição especial da Revista Brasileira de Espeleologia e da Revista ESPELEO-TEMA, são apresentados os artigos contemplados pelo 1º Prêmio Michel Le Bret de Espeleologia, organizado em 2022 pelo CECAV (Centro Nacional de Pesquisa e Conservação de Cavernas). A comissão editorial da Revista ESPELEO-TEMA parabeniza o CECAV pela iniciativa, que traz, de forma inédita na história da espeleologia brasileira, este importante incentivo e destaque a pesquisadores e pesquisadoras das mais diversas áreas das ciências espeleológicas no Brasil. Desde 1971 a Revista ESPELEO-TEMA se dedica à publicação de artigos científicos e relatos espeleológicos de destaque e relevância nacional. Portanto, manifestamos nossa alegria e contentamento com a publicação de três artigos da Seção Técnica do 1º Prêmio Michel Le Bret de Espeleologia na Revista ESPELEO-TEMA. Seguindo a ordem de publicação, o primeiro artigo traz uma contribuição para refinamento do Mapa de Potencialidade de Ocorrência de Cavernas do Brasil, sugerindo a alteração da classificação para a litologia metadiamicrito ferruginoso como alto potencial em ocorrência de cavernas. O segundo artigo traz um belo e interessante relato sobre o desenvolvimento do software TOPGRU, o primeiro no Brasil para topografia espeleológica, desde sua idealização nos anos de 1980 até seus refinamentos e aplicações em 2020. Por fim, o terceiro artigo traz um relato detalhado sobre a luta pela conservação do patrimônio espeleológico no estado do Paraná, frente a impactos de empreendimentos de linha de transmissão de energia elétrica. Fazemos votos pela continuidade desta importante premiação e desejamos a todos(as) uma boa leitura.

Editores

Lucas Padoan de Sá Godinho
Valdinei Cristi Koppe
Christiane Ramos Donato
Johni Cesar dos Santos
Luciano Emerich Faria



A revista Espeleo-Tema é uma publicação da Sociedade Brasileira de Espeleologia (SBE).
Para submissão de artigos ou consulta aos já publicados visite:

www.cavernas.org.br/espeleo-tema.asp

METADIAMICTITO FERRUGINOSO E SEU POTENCIAL MUITO ALTO DE OCORRÊNCIA DE CAVIDADES: ESTUDO DE CASO DO VALE DO RIO PEIXE BRAVO, MINAS GERAIS, BRASIL

IRON-RICH METADIAMICTITE AND ITS VERY HIGH POTENTIAL FOR CAVITY OCCURRENCE: A CASE STUDY FROM THE PEIXE BRAVO RIVER VALLEY, MINAS GERAIS, BRAZIL

Felipe Fonseca do Carmo (1); Rogério Tobias Júnior (1, 2); Luciana Hiromi Yoshino Kamino (1); Flávio Fonseca do Carmo (1)

(1) Instituto Prístino, Belo Horizonte - MG.

(2) Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG), Belo Horizonte - MG.

Contato: felipe@institutopristico.org.br

RESUMO

Atualmente, são conhecidas no Brasil aproximadamente 2.880 cavernas inseridas em litotipos ferruginosos. No Mapa de Potencialidade de Ocorrência de Cavernas no Brasil elaborado pelo CECAV, o ranking estabelecido se baseia em litotipos do Mapa Geológico do Brasil em escala de 1:2.500.000. Neste ranking, as Formações Ferríferas Bandadas apresentam um grau de potencialidade Muito Alto. Diante das limitações impostas pela escala do mapeamento, apresentamos uma contribuição para o refinamento do Mapa de Potencialidade, utilizando um estudo de caso da região do Geossistema do Vale do Rio Peixe Bravo, no norte de Minas Gerais. A região contém um relevante patrimônio espeleológico, inserido em litologias ferruginosas e é atualmente considerada de médio potencial de ocorrência de cavernas. Há 48 cavidades cadastradas no CANIE, além de outras dezenas que foram citadas em publicações, mas ainda não possuem cadastro formal. A maioria das cavidades estão associadas às formações ferríferas tipo Rapitan, especificamente metadiamictitos ferruginosos, não citados entre os litotipos do Mapa de Potencialidade. A atualização deste mapa, tanto no aumento da escala quanto na inclusão de litotipos, é necessária uma vez que desde o ano de 2017, o licenciamento ambiental no estado de Minas Gerais exige que qualquer empreendimento que formalizar um processo de licenciamento deve declarar se a atividade proposta se enquadra nos Critérios Locacionais indicados pela Deliberação Normativa COPAM nº 217/2017. Dentre os critérios, a potencialidade Muito Alta e Alta de ocorrência de cavernas na área afetada é verificada. Com isso, a atual classificação da região do Vale do Rio Peixe Bravo pode gerar um processo de licenciamento inadequado à realidade regional e prejudicar a gestão e conservação das cavidades. Assim, apresentamos um refinamento com base em escala maior, sugerindo a atualização do Mapa de Potencialidade em determinadas litologias da região do Vale do Rio Peixe Bravo para o grau Muito Alto.

Palavras-Chave: patrimônio espeleológico, geodiversidade, formação ferrífera bandada, caverna, licenciamento ambiental.

ABSTRACT

Currently, approximately 2,880 caves inserted in ferruginous lithotypes are known in Brazil. In the Map of Potential Cave Occurrence in Brazil prepared by CECAV, the established ranking is based on lithotypes from the Geological Map of Brazil on a scale of 1:2,500,000. In this ranking, the Banded Iron Formations present a very high degree of potentiality. In view of the limitations imposed by the scale of the mapping, we present a contribution to the refinement of the Potentiality Map, using a case study of the Peixe Bravo River Valley Geosystem, in the north of Minas Gerais. The region contains a relevant speleological heritage, inserted in ferruginous lithologies and is currently considered of medium potential for cave occurrence. There are 48 cavities registered in the CANIE, besides dozens of others that have been cited in publications, but have not yet been formally registered. Most of the caves are associated with the Rapitan-type iron formations, specifically iron-rich metadiamictites, not mentioned among the lithotypes on the Potentiality Map. The update of this map, both in the increase of the scale and in the inclusion of lithotypes, is necessary because since the year 2017, environmental licensing in the state of Minas Gerais requires that any enterprise that formalizes a licensing process must declare whether the proposed activity fits the Locational Criteria indicated by COPAM Normative Deliberation No. 217/2017. Among the criteria, the Very High and High potentiality of cave occurrence in the affected area is verified. With this, the current classification of the Peixe Bravo River Valley region can generate a licensing process that is inadequate to the regional reality and harm the caves management and conservation. Therefore, we present a refinement based on a larger scale, suggesting the updating of the Potentiality Map in certain lithologies of the Peixe Bravo River Valley region to the Very High grade.

Keywords: speleological heritage, geodiversity, banded iron formation, cave, environmental licensing.

INTRODUÇÃO

As cavidades naturais subterrâneas cadastradas em litotipos ferruginosos somam 2.880 registros, o que equivale a 13% do patrimônio identificado no Brasil (CECAV, 2021a). Destaca-se um aumento de registros neste litotipo na última década quando comparados com os dados do início deste século, os quais contavam com aproximadamente 300 cavernas em formações ferríferas no Brasil (Auler & Piló, 2005).

O cenário de ameaça para essas cavidades é motivo de preocupação, considerando que uma parcela significativa desse patrimônio espeleológico está situada em áreas de influência de impactos negativos das atividades de mineração. Estima-se que 9.630 cavidades estão inseridas em polígonos em Requerimento ou Concessão de Lavra, o que corresponde a 45% dos registros de cavernas no país (CECAV, 2021a).

Desta forma, ferramentas que colaborem com a gestão do patrimônio espeleológico são necessárias. Uma relevante contribuição do Centro Nacional de Pesquisa e Conservação de Cavernas-CECAV foi a elaboração do Mapa de Potencialidade de Ocorrência de Cavernas no Brasil (2012). Tal publicação constituiu-se em importante ferramenta para orientar pesquisas técnico-científicas e auxiliar os órgãos licenciadores, assim como a gestão e políticas públicas voltadas à conservação do Patrimônio Espeleológico nacional (Jansen *et al.*, 2012). Apesar da importância do Mapa de Potencialidade para a gestão do Patrimônio Espeleológico, o próprio documento reconhece a necessidade de um refinamento da escala, de forma a contemplar diferentes litologias de determinadas regiões.

Diante disso, apresentamos neste trabalho, uma contribuição para a atualização do mapa de potencialidade espeleológica a partir de um estudo de caso de uma singular área ferruginosa no norte de Minas Gerais, que abriga um relevante patrimônio.

ÁREA DE ESTUDO

A área do estudo, denominada geossistema ferruginoso do Vale do Rio Peixe Bravo, contém um sítio espeleológico desenvolvido em litologias ferruginosas e está localizada na zona rural dos municípios de Rio Pardo de Minas, Serranópolis de Minas, Fruta de Leite, Grão-Mogol e Riacho dos Machados (Carmo *et al.*, 2011a), região norte de Minas Gerais (Figura 01), na bacia do rio Jequitinhonha. A geologia é representada pelas unidades do Grupo Macaúbas (Supergrupo São Francisco), constituído predomi-

INTRODUCTION

The natural underground cavities registered in ferruginous lithotypes total 2,880 records, which is equivalent to 13% of Brazilian identified heritage (CECAV, 2021a). It is noteworthy the increase of records in this lithotype in the last decade when compared to the data from the beginning of this century, which consisted of approximately 300 caves in iron formations in Brazil (Auler & Piló, 2005).

The threatening scenario for these cavities is a cause for concern, considering that a significant portion of this speleological heritage is located in negative impacts areas of influence from mining activities. It is estimated that 9,630 cavities are inserted in polygons under Mining Request or Concession, which corresponds to 45% of the cave records in the country (CECAV, 2021a).

*Therefore, tools that collaborate with speleological heritage management are necessary. A relevant contribution of the National Center for Cave Research and Conservation (Centro Nacional de Pesquisa e Conservação de Cavernas-CECAV) was the preparation of the Map of Potential Occurrence of Caves in Brazil (2012). This publication is an important tool to guide technical-scientific research and assist licensing agencies, as well as management and public policies aimed at the conservation of the national Speleological Heritage (Jansen *et al.*, 2012). Despite the importance of the Potentiality Map for the management of the Speleological Heritage, the document itself recognizes the need for a refinement of the scale, in order to contemplate different lithologies of certain regions.*

In this paper is presented a contribution to updating the map of speleological potentiality based on a case study of a singular ferruginous area in the north of Minas Gerais, which houses a relevant heritage.

STUDY AREA

*The study area, called Peixe Bravo River Valley ferruginous geosystem, contains a speleological site developed in ferruginous lithologies and is located in the northern region of Minas Gerais (Figure 1), in the Jequitinhonha River basin, in the rural area of the municipalities of Rio Pardo de Minas, Serranópolis de Minas, Fruta de Leite, Grão-Mogol and Riacho dos Machados (Carmo *et al.*, 2011a). The geology is represented by the units of the Macaúbas Group (São Francisco Supergroup), consisting predominantly of*

nantemente por metadiamicictitos hematíticos e ferruginosos, quartzitos e filitos. O Grupo Macaúbas é ainda subdividido em duas unidades litoestratigráficas: uma unidade basal denominada Formação Rio Peixe Bravo e uma superior denominada Formação Nova Aurora, sobre a qual se desenvolvem cangas (Noce et al., 1997; Uhlein et al., 2007). Os metadiamicictitos hematíticos e ferruginosos da Formação Nova Aurora são correlacionados aos depósitos glácio-marinhos do Criogeniano e representam formações ferríferas do tipo Rapitan (Pedrosa-Soares et al., 2011; Vilela et al., 2014). As cavidades conhecidas desenvolvem-se principalmente no metadiamicictito ferruginoso e na formação ferrífera bandada (Carmo et al., 2010).

hematite and iron-rich metadiamicictites, quartzites and phyllites. The Macaúbas Group is further subdivided into two lithostratigraphic units: a basal unit denominated Rio Peixe Bravo Formation and an upper unit denominated Nova Aurora Formation, on which ironstone outcrops are developed (Noce et al., 1997; Uhlein et al., 2007). The hematite and iron rich metadiamicictites of the Nova Aurora Formation are correlated to the cryogenian glacial deposits and represent Rapitan-type ferritic formations (Pedrosa-Soares et al., 2011; Vilela et al., 2014). Known cavities develop mainly in the iron-rich metadiamicictite and banded iron formation (Carmo et al., 2010).

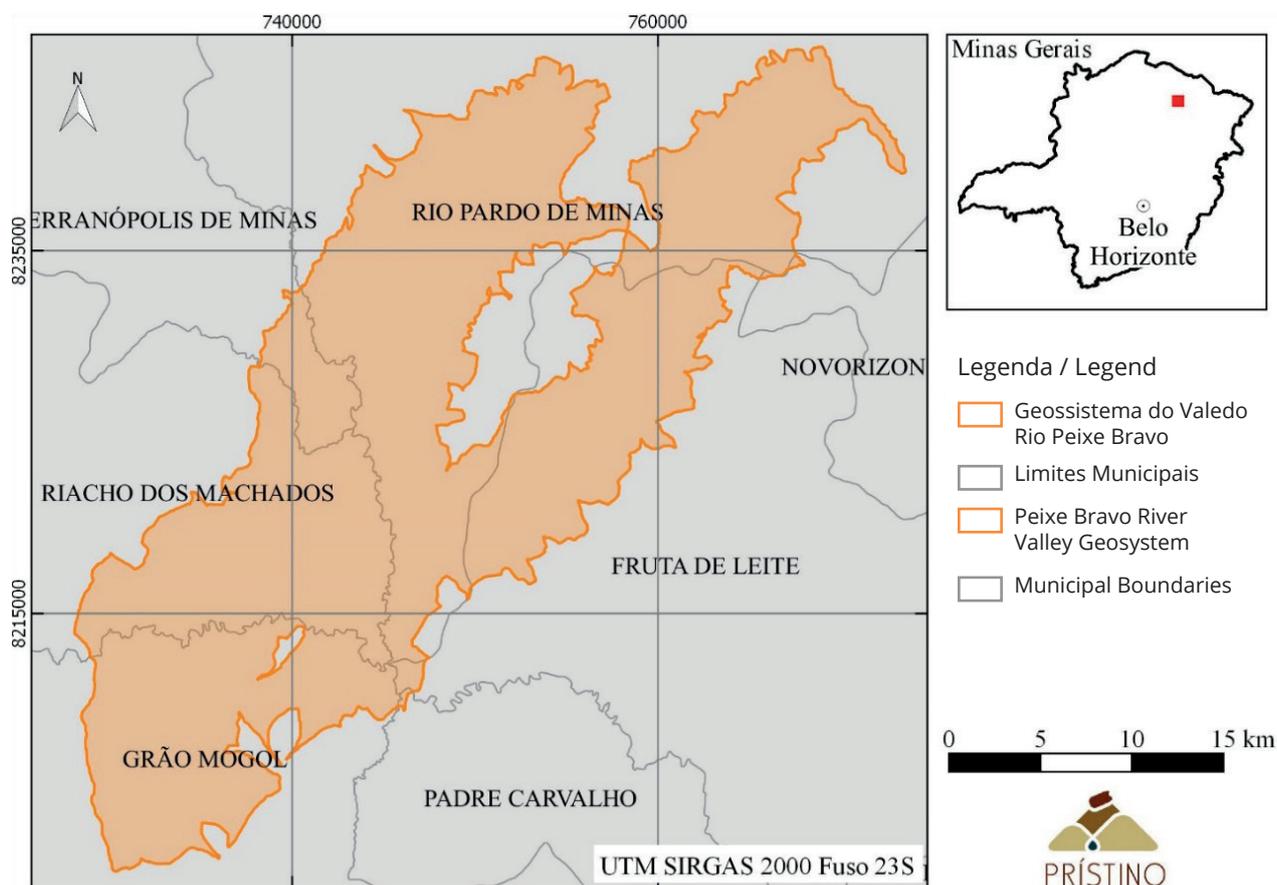


Figura 1: Localização da área de estudo (75.621 hectares) indicada pelo contorno laranja que representa os limites do entorno do geossistema ferruginoso do Vale do Rio Peixe Bravo. (Fonte: Atlas Digital Geoambiental. Instituto Prístino, 2021; IBGE, 2018).

Figure 1: Location of the study area (75,621 hectares) indicated by the orange outline that represents the boundaries of the ferruginous geosystem of the Peixe Bravo River Valley. (Source: Atlas Digital Geoambiental. Instituto Prístino, 2021; IBGE, 2018).

A Ocorrência das Cavernas no Vale do Rio Peixe Bravo

A primeira publicação sobre o Patrimônio Espeleológico do Vale do Rio Peixe Bravo descreveu a ocorrência de 21 cavidades naturais subterrâneas, além de feições comuns ao ambiente cárstico ferruginoso (Carmo et al., 2011a). Ainda no ano de 2011, Carmo et al. (2011b) apresentaram os três primeiros registros de paleotocas desenvolvidas em substrato ferruginoso

Caves Occurrence in the Peixe Bravo River Valley

The first publication on the Speleological Heritage of the Peixe Bravo River Valley described the occurrence of 21 natural underground cavities, in addition to features common to the ferruginous karst environment (Carmo et al., 2011a). Also in the year 2011, Carmo et al. (2011b) presented the first three records of paleoburrows developed in ferruginous substrate in Brazil.

no Brasil. Em 2015, o número de paleotocas estudadas já somavam 18 e havia cerca de 60 cavidades identificadas na região (Buchmann *et al.*, 2015). Atualmente, na área de estudo, estão cadastradas 48 cavidades, de acordo com a plataforma do Cadastro Nacional de Informações Espeleológicas - CANIE (CECAV, 2021b) (Figura 02). Portanto, existem dezenas de cavernas que ainda não foram cadastradas no CANIE. Além disso, nas cavidades da região já foram caracterizados ao menos sete sítios arqueológicos com pinturas rupestres, gravuras e vestígios líticos pré-coloniais, assim como estruturas edificadas históricas (CARMO, *et al.*, 2015; TOBIAS JR, 2017).

In 2015, the number of paleoburrows studied already totaled 18 and there were about 60 cavities identified in the region (Buchmann et al., 2015). Currently, 48 caves are registered in the study area, according to the platform of the National Register of Speleological Information (Cadastro Nacional de Informações Espeleológicas - CANIE) (CECAV, 2021b) (Figure 02). Therefore, there are dozens of caves that have not yet been registered in the CANIE. In addition, at least seven archaeological sites with pre-colonial cave paintings, engravings, and lithic remains, as well as historic built structures have already been characterized in the region's cavities (CARMO, et al, 2015; TOBIAS JR, 2017).

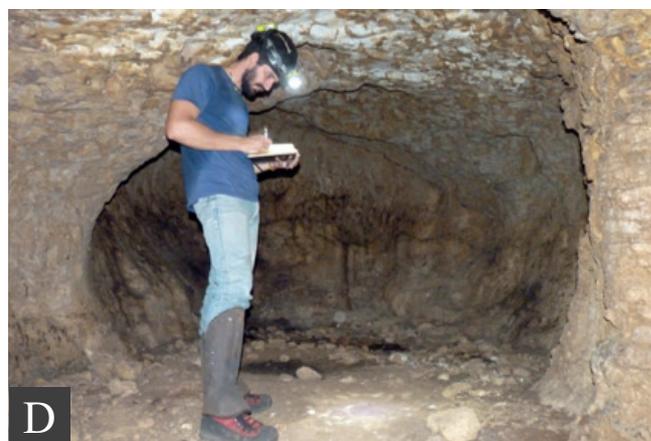


Figura 2: A- Afloramento de canga no Vale do Rio Peixe Bravo. B e C- Cavidades catalogadas na região. D- Interior de uma paleotoca no Vale do Rio Peixe Bravo. Fotos: Instituto Prístino.

Figure 2: A- Iron stone outcrop in the Peixe Bravo River Valley. B and C- Caves catalogued in the region. D- Interior of a paleoburrow in the Peixe Bravo River Valley. Photos: Instituto Prístino.

Potencialidade de Ocorrência de Cavernas na área de estudo

Jansen *et al.* (2012), utilizaram o mapa geológico do Brasil, na escala de 1:2.500.000, da CPRM (com ênfase nos campos “Litologia1”, “Litologia2” e “Nome da Unidade”, constantes tabela de atributos do shapefile correspondente) como um dos critérios para caracterizar as áreas com potencialidades de ocorrência

Study Area Cave Occurrence Potential

Jansen et al. (2012), used Brazil geological map at scale 1:2,500,000, from CPRM (with emphasis on the fields “Lithology1”, “Lithology2” and “Unit Name”, constant attribute table of the corresponding shapefile) as one of the criteria to characterize the areas with potential cavity occur-

de cavidades. Além do mapa geológico, os autores também consultaram dados bibliográficos, mapas das regiões cársticas do Brasil e dados geoespecializados das cavidades registradas. A partir dessa primeira análise, os autores elaboraram uma tabela com cinco classes de grau de potencialidade de ocorrência de cavernas (Figura 03), sendo: 1) Muito Alta; 2) Alta; 3) Média; 4) Baixa; e 5) Ocorrência Improvável.

rence. Besides the geological map, the authors also consulted bibliographic data, brazilian karstic regions maps and geospatial data of the registered cavities. From this first analysis, the authors elaborated a table with five caves occurrence degree of potentiality classes (Figure 03), being: 1) Very High; 2) High; 3) Medium; 4) Low; and 5) Unlikely Occurrence.

Litotipo	Grau de Potencialidade
Calcário, Dolomito, Evaporito, Formação ferrífera bandada, Itabirito e Jespilito.	Muito alto
Calcrete, Carbonatito, Mármore, Metacalcário e Marga.	Alto
Arenito, Conglomerado, Filito, Folhelho, Fosforito, Grauvaca, Metaconglomerado, Metapelito, Metassiltito, Micaxisto, Milonito, Quartzito, Pelito, Riolito, Ritmito, Rocha calci-silicática, Siltito e Xisto.	Médio
Demais litotipos (Arnotosito, Arcóseo, Augengnaisse, Basalto, Charnockito, Diabasio, Diamictito, Enderbitto, Gabro, Gnaisse, Granito, Granitóide, Granodiorito, Hornfels, Kinzigito, Komalito, Laterita, Metachert, Migmatito, Monzogranito, Olivina gabro, Ortoanfíbolito, Sienito, Sienogranito, Tonalito, Trondhjemitto, entre outros).	Baixo
Aluvião, Areia, Argila, Cascalho, Lamito, Linhito, Demais Sedimentos, Turfa e Tufo.	Ocorrência Improvável

Lithotype	Potentiality Degree
<i>Limestone, Dolomite, Evaporite, Banded Iron Formation, Itabirite and Jaspilite.</i>	Very High
<i>Calcrete, Carbonatite, Marble, Metacalcary e Marl.</i>	High
<i>Sandstone, Conglomerate, Phyllite, Shale, Phosphorite, Greywacke, Metaconglomerate, Metapelite, Metasiltstone, Micaxite, Milonite, Quartzite, Pelite, Riolite, Ritmite, Calcilicate rock, Siltsonte e Schist.</i>	Medium
<i>Other lithotypes (Anorthosite, Archeous, Augengnaisse, Basalt, Charnockite, Diabasite, Diamictite, Enderite, Gabbro, Gneiss, Granite, Granitoid, Granodiorite, Hornfels, Kinzigite, Komatite, Laterite, Metachert, Migmatite, Monzogranite, Olivine gabbro, Orthofibolite, Sienite, Sienogranite, Tonalite, Trondhjemite, among others).</i>	Low
<i>Aluvium, Sand, Clay, Gravel, Mudstone, Lignite, Other Sediments, Peat and Tuff.</i>	Unlikely Occurrence

Figura 3: Grau de potencialidade de ocorrência de cavernas no Brasil de acordo com a litologia. Fonte: Jansen et al. (2012).

Figure 3: Potentiality degree of cave occurrence in Brazil according to lithology. Source: Jansen et al. (2012).

Com isso, verifica-se que a região do Vale do Rio Peixe Bravo está inserida, em sua maior parte, na classe de Médio Potencial de Ocorrência de Cavernas no Brasil (CECAV, 2012), com algumas áreas sobrepondo as classes de Baixo Potencial e de Ocorrência Improvável (Figura 04).

With this, it can be seen that the Peixe Bravo River Valley region is mostly inserted in the Medium Potential for Cave Occurrence class in Brazil (CECAV, 2012), with some areas overlapping the Low Potential and Unlikely Occurrence classes (Figure 04).

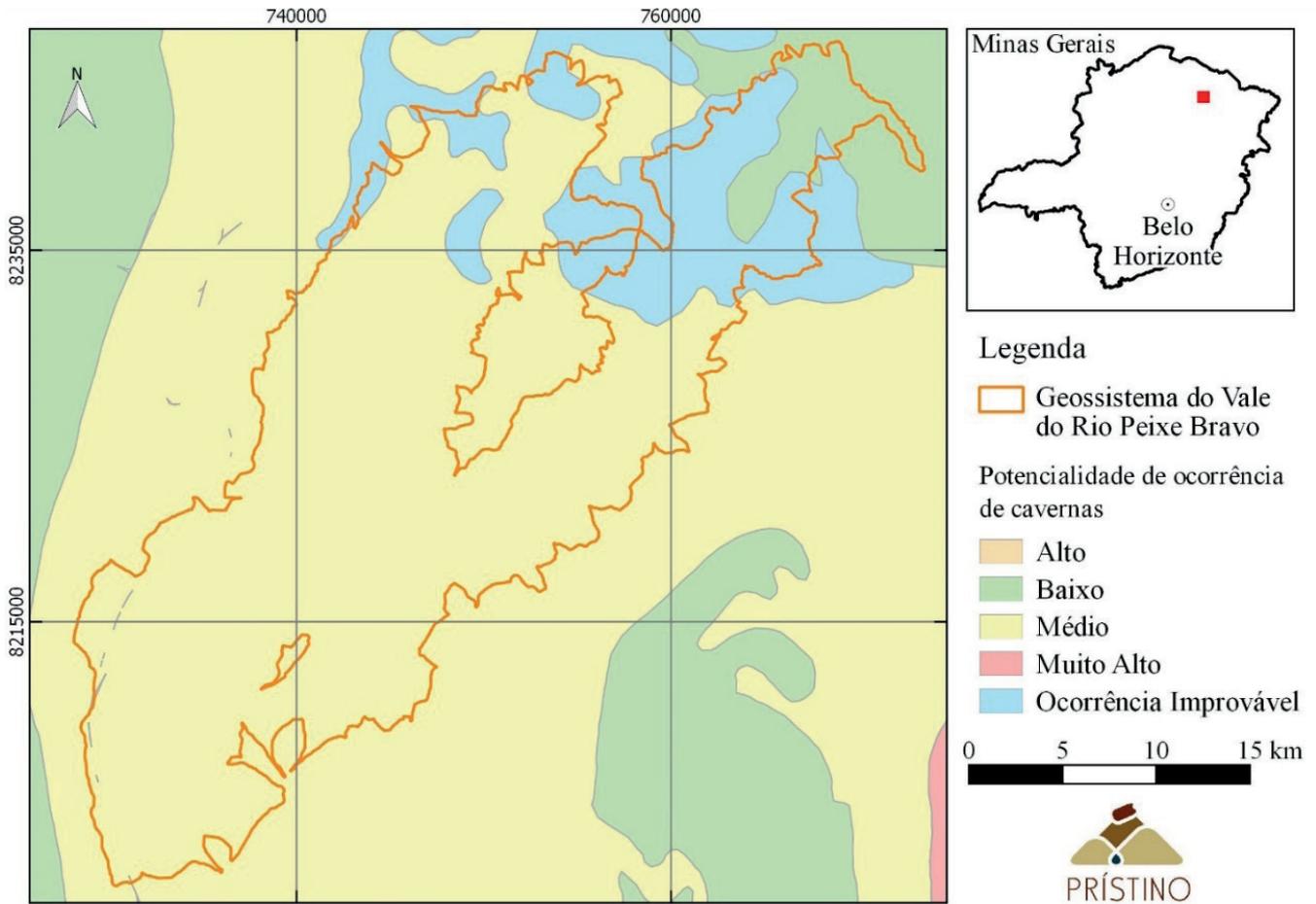


Figura 4: Caracterização do Vale do Rio Peixe Bravo (contorno vermelho) em relação ao Mapa de Potencialidade de Ocorrência de Cavernas (1:2.500.000). Fonte: Jansen *et al.* (2012) e Atlas Digital Geoambiental. Instituto Prístino, 2021.

Figure 4: Peixe Bravo River Valley (red outline) characterization in relation to the Cave Occurrence Potentiality Map (1:2,500,000). Source: Jansen *et al.* (2012) and Digital Geoenvironmental Atlas. Instituto Prístino, 2021.

MÉTODOS

Para a atualização proposta no presente trabalho foi utilizado como base de informações o trabalho publicado por Carmo *et al.* (2019) no 35º Congresso Brasileiro de Espeleologia. Foi elaborada uma revisão de literatura, incluindo estudos geológicos desenvolvidos na região do Vale do Rio Peixe Bravo. Foram utilizados o Mapa de Potencialidade produzido pelo CECAV (2012); o Mapa de Geodiversidade de Minas Gerais, com escala 1:1.000.000 (CPRM, 2010); além da base de dados de cavernas do CECAV (2021b) e o Mapa das Áreas Prioritárias para a Conservação do Patrimônio Espeleológico Brasileiro (CECAV, 2018). Foram utilizados dados de campo (prospecção espeleológica) e dados de publicações científicas da região.

METHODS

The work published by Carmo et al. (2019) in the 35th Brazilian Congress of Speleology was used as the basis of information for the update proposed in the present work. A literature review was prepared, including geological studies developed in the region of the Peixe Bravo River Valley. The Potentiality Map produced by CECAV (2012); the Geodiversity Map of Minas Gerais, with a scale of 1:1,000,000 (CPRM, 2010); in addition to the CECAV Cave Database (2021b) and the Map of Priority Areas for the Conservation of the Brazilian Speleological Heritage (CECAV, 2018) were used. Field data (speleological prospection) and data from scientific publications in the region were also used.

As bases cartográficas em formato shapefile da área do Geossistema Ferruginoso do Vale do Rio Peixe Bravo foram classificadas conforme a litologia mapeada, das quais foram extraídas as feições de interesse representadas pelos seguintes tipos de formações ferríferas: Formações Ferríferas Bandadas, Metadiamicritos ricos em hematitas e/ou ferruginosos e cangas. A estas bases cartográficas foi sobreposta a base georreferenciada de cavernas do CECAV a fim de verificar a correspondência de sua ocorrência conforme a litologia selecionada. Ao fim, as litologias citadas tiveram suas áreas de dispersão mescladas, conforme potencial demonstrado pelos dados levantados.

The cartographic bases in shapefile format of the Peixe Bravo River Valley Ferruginous Geosystem area were classified according to the mapped lithology, from which the features of interest represented by the following types of iron formations were extracted: Banded Iron Formations, hematites and/or iron rich Metadiamicrites and ironstone. CECAV georeferenced cave was superimposed to these cartographic bases in order to verify the correspondence of their occurrence according to the selected lithology. At the end, the cited lithologies had their dispersion areas merged, according to the potential demonstrated by the surveyed data.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Utilizando-se o Mapa de Geodiversidade de Minas Gerais, com escala 1:1.000.000 (CPRM, 2010) podem-se perceber as delimitações para as formações ferríferas (Figura 05). De acordo com a tabela de Grau de Potencialidade (Jansen et al., 2012), o litotipo Formação Ferrífera Bandada (inclui os itabirites e jaspilitos) indica um potencial Muito Alto de ocorrência de cavidades. Destaca-se que na década de 1980, em estudo sobre geologia regional, Vilela (1986), já mapeara alguns desses litotipos ferruginosos.

RESULTS AND DISCUSSION

Using the Geodiversity Map of Minas Gerais, with scale 1:1,000,000 (CPRM, 2010) the delimitations for the iron formations can be seen (Figure 05). According to the Degree of Potentiality table (Jansen et al., 2012), the Banded Iron Formation lithotype (includes itabirites and jaspilites) indicates a Very High potential for occurrence of cavities. It is noteworthy that in the 1980s, in a regional geology study, Vilela (1986), had already mapped some of these ferruginous lithotypes.

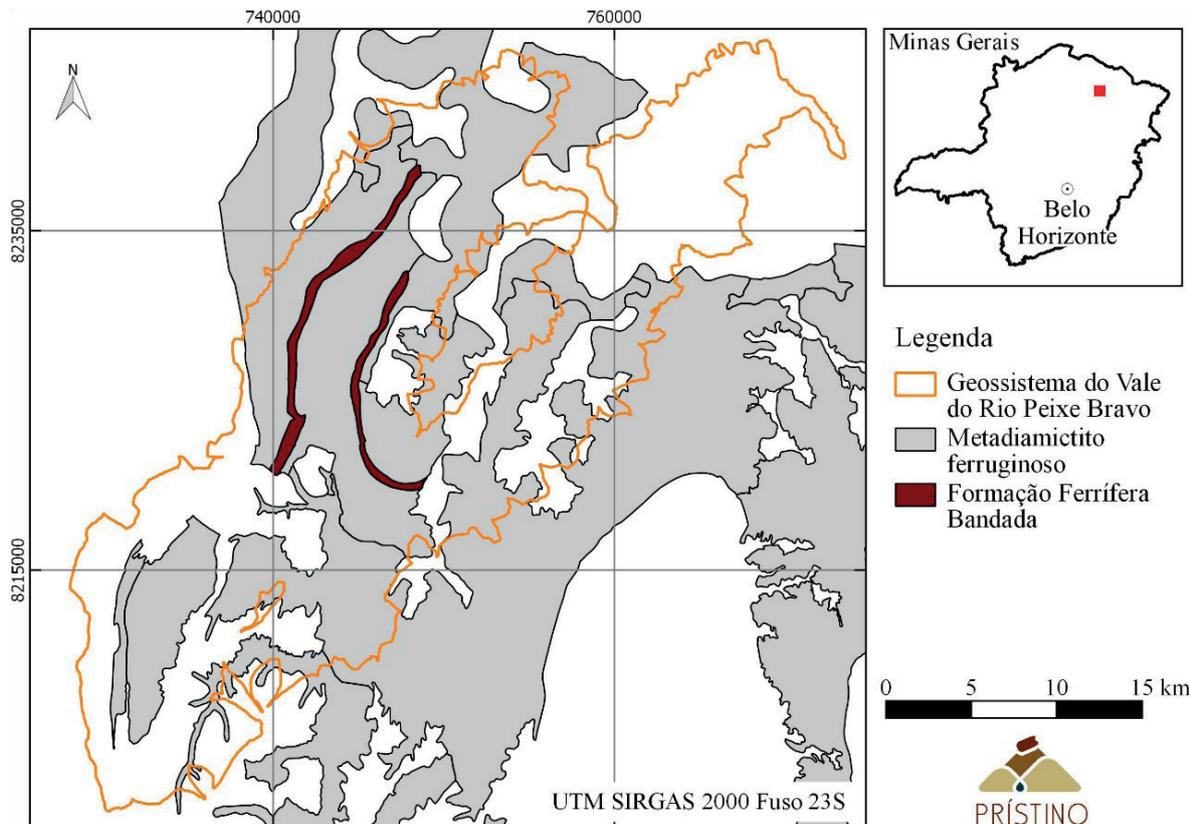


Figura 5: Indicação dos litotipos com formações ferríferas (escala 1:1.000.000). Fonte: CPRM (2010).

Figure 5: Indication of lithotypes with iron-rich formations (scale 1:1,000,000). Source: CPRM (2010).

Com o aumento da escala do mapeamento geológico, observou-se que na região do Vale do Rio Peixe Bravo foram discriminadas algumas ocorrências de litotipos que indicam grau de potencialidade Muito Alto para ocorrência de cavernas, como as formações ferríferas bandadas. Atualmente já se tem registros de dezenas de cavidades prospectadas (Figura 06) associadas às Formações Ferríferas Neoproterozóicas (Rapitan), como os metadiamiccitos hematíticos e ferruginosos, além das Cangas (Figura 07). Verifica-se ainda que a região do Vale do Rio Peixe Bravo apresenta elementos morfológicos típicos das paisagens cársticas como pequenas depressões doliniformes, cúpulas de dissolução nos tetos de algumas cavernas e espeleotemas tipo “travertinos”, ou seja, a dissolução foi de fundamental importância na construção da paisagem natural (Carmo et al., 2011a).

With the increase in scale of the geological mapping, it was observed that in the Peixe Bravo River Valley region some occurrences of lithotypes that indicate a very high degree of potentiality for the occurrence of caves, such as the banded iron formations, were discriminated. Currently, there are already dozens of prospected caves (Figure 06) associated to the Neoproterozoic Iron Formations (Rapitan), such as the hematite and iron-rich metadiamiccites, besides the ironstones (Figure 07). It is also verified that the region of the Peixe Bravo River Valley presents morphological elements typical of karst landscapes such as small doliniform depressions, dissolution domes in the ceilings of some caves and “travertine”-type speleothems, i.e., the dissolution was of fundamental importance in the construction of the natural landscape (Carmo et al., 2011a).

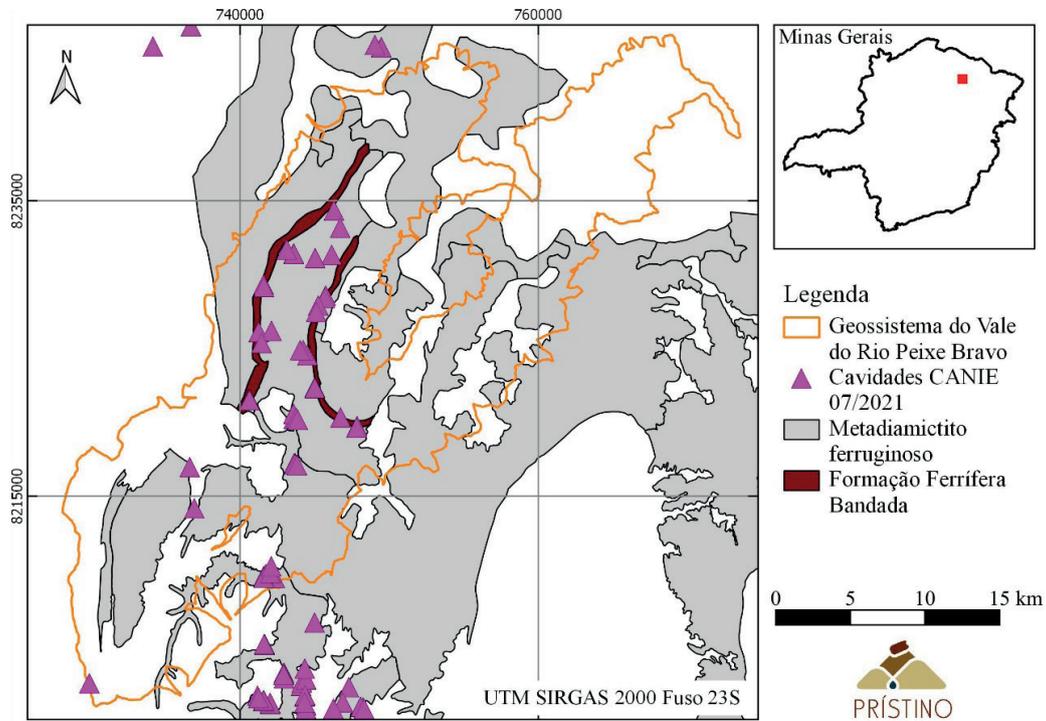


Figura 6: Cavidades cadastradas no CANIE na região do Vale do Rio Peixe Bravo. Fonte: CANIE (2021b).

Figure 6: Cavities registered in CANIE in the Peixe Bravo River Valley region. Source: CANIE (2021b)..



Figura 7: Litotipos de inserção de algumas cavidades registradas na região. A- Cavidade inserida na canga. B- Caverna inserida no metadiamiccito ferruginoso. C- Cavidade inserida em bandamentos hematíticos. Fotos: Instituto Prístino.

Figure 7: Insertion lithotypes of some cavities recorded in the region. A- Ironstone inserted cave. B- Iron-rich metadiamiccite inserted cave. C- Hematitic bandings inserted cave. Photos: Instituto Prístino.

Com isso, devido à disponibilidade de mapeamento de geodiversidade em escala maior (escala 1:1.000.000), já é possível demonstrar a ocorrência de dezenas de cavidades desenvolvidas em metadiamicictitos ferruginosos, o que subsidia a nossa proposta de classificação desse litotipo como de Muito Alto potencial para a ocorrência de cavernas (Figura 08). Destaca-se que os litotipos Metadiamicictito ferruginoso e hematítico não estão citados na tabela de potencialidade de ocorrência do CECAV (Jansen *et al.*, 2012). No Brasil, tais formações ferríferas já foram descritas também para o Grupo Jacadigo (Maciço de Urucum) e para a Formação Puga (região da Serra de Bodoquena), ambos localizadas em Mato Grosso do Sul (Piacentini *et al.*, 2007). Dessa forma, o desenvolvimento de investigações espeleológicas em regiões de ocorrência de Metadiamicictitos ferruginosos deve ser priorizado.

*Due to the availability of geodiversity mapping on a larger scale (1:1,000,000 scale), it is already possible to demonstrate the occurrence of dozens of caves developed in iron-rich metadiamicictites, which subsidizes our proposal to classify this lithotype as having a Very High potential for the occurrence of caves (Figure 08). It is noteworthy that the iron-rich metadiamicictites and hematitic lithotypes are not cited in the potential occurrence table of CECAV (Jansen *et al.*, 2012). In Brazil, such iron formations have also been described for the Jacadigo Group (Urucum Massif) and the Puga Formation (Serra de Bodoquena region), both located in Mato Grosso do Sul (Piacentini *et al.*, 2007). Thus, the development of speleological investigations in regions where iron-rich metadiamicictites occur should be prioritized.*

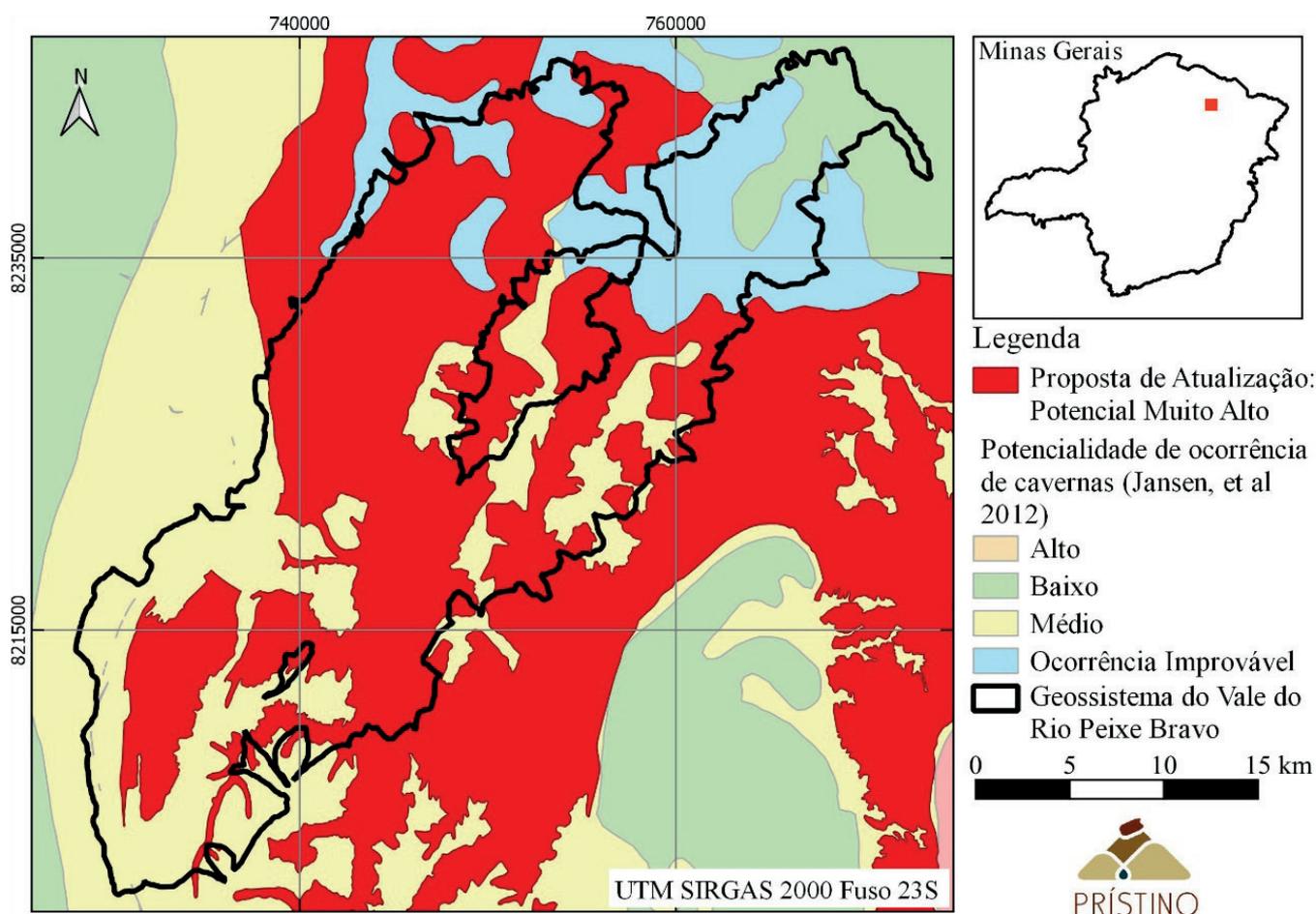


Figura 8: Área em vermelho indicando a proposta para o Grau Muito Alto de Potencialidade de cavernas na região do Geossistema do Vale do Rio Peixe Bravo.

Figure 8: Red area indicating the Cave Potential Very High Grade proposal in the Peixe Bravo River Valley Geosystem region .

A importância da atualização do Mapa de Potencialidade para o uso racional e a conservação do patrimônio espeleológico

Desde o ano de 2017, o Estado de Minas Gerais atualizou seus procedimentos no rito do licenciamento ambiental. Com a publicação da Deliberação Normativa COPAM nº 217, de 06 de dezembro de 2017, foram esta-

The importance of updating the Potentiality Map for the rational use and conservation of the speleological heritage

Since 2017, the State of Minas Gerais has updated its procedures in the environmental licensing rite. With the publication of COPAM Normative Deliberation No. 217, dated December 6, 2017, criteria

belecionados critérios para classificação, segundo o porte e potencial poluidor, bem como os critérios locais a serem utilizados para definição das modalidades de licenciamento ambiental de empreendimentos e atividades utilizadoras de recursos naturais.

O enquadramento e o procedimento de licenciamento ambiental a serem adotados para qualquer atividade potencialmente poluidora do meio ambiente são definidos pela relação da localização da atividade, ou empreendimento, com seu porte e potencial poluidor/degradador, levando em consideração sua tipologia. Dentre os enquadramentos, o empreendedor deve indicar se a sua atividade estará localizada em área que apresente algum dos 11 critérios locais indicados pela DN COPAM nº 217/2017, conforme determina no Art.6º:

Art. 6º – As modalidades de licenciamento serão estabelecidas conforme Tabela 3 do Anexo Único desta Deliberação Normativa, por meio da qual são conjugadas a classe e os critérios locais de enquadramento, ressalvadas as renovações.

§1º – Os critérios locais de enquadramento referem-se à relevância e à sensibilidade dos componentes ambientais que os caracterizam, sendo-lhes atribuídos pesos 01 (um) ou 02 (dois), conforme Tabela 4 do Anexo Único desta Deliberação Normativa.

Dentre os critérios locais de enquadramento previstos na Tabela 4 da DN COPAM nº 217/2017, destaca-se o relacionado ao potencial de ocorrência de cavidades que se refere às áreas de alto ou muito alto grau de potencialidade de ocorrência de cavidades, conforme disponibilizado pelos dados oficiais do CECAV-ICMBio. Os critérios locais definem as modalidades de licenciamento que serão estabelecidas para o empreendimento. A presença de algum critério, ou a soma deles, na área de influência do empreendimento, vai determinar o quão aprofundados serão os estudos ambientais exigidos, assim como determinar se o licenciamento será realizado de forma concomitante ou trifásica.

Assim, o empreendedor deve verificar, por meio de uma plataforma digital disponibilizada pelo Órgão Ambiental, se o seu empreendimento estará localizado dentro de uma área que apresente algum critério local, conforme colocado no Art. 6º, Parágrafo 5º:

§5º – Para fins de planejamento do empreendimento ou atividade, bem como verificação de incidência de critérios locais e fatores de restrição ou vedação, o empreendedor poderá acessar o sistema informatizado da Infraestrutura de Dados Espaciais do Sisema – IDE-Sisema, na qual se encontram disponíveis os dados georreferenciados relativos aos critérios e fatores constantes das Tabelas 4 e 5 do Anexo Único desta Deliberação Normativa.

were established for classification, according to size and polluting potential, as well as the locational criteria to be used for defining the modalities for environmental licensing of enterprises and activities that use natural resources.

The framework and the environmental licensing procedure to be adopted for any potentially environment polluting activity are defined by the relationship of the location of the activity, or enterprise, with its size and polluting/degrading potential, taking into account its typology. Among the frameworks, the entrepreneur must indicate if his activity will be located in an area that presents any of the 11 locational criteria indicated by DN COPAM nº 217/2017, as determined in Art.6:

Art. 6º – The licensing modalities shall be established according to Table 3 of the Sole Annex of this Normative Deliberation, by means of which the class and the locational criteria for classification are conjugated, with the exception of renewals.

§1º – The locational criteria for framing refer to the relevance and sensitivity of the environmental components that characterize them, and are assigned a weight of 01 (one) or 02 (two), according to Table 4 of the Sole Annex of this Normative Resolution.

Among the locational criteria for classification provided in DN COPAM nº 217/2017 Table 4, the one related to the potential for cavities to occur stands out. There it refers to areas of high or very high degree of potential cavity occurrence, as provided by official data from CECAV-ICMBio. The locational criteria define the licensing modalities that will be established for the project. The presence of some criterion, or the sum of them, in the area of influence of the project, will determine how detailed the environmental studies required will be, as well as whether the licensing will be carried out concomitantly or in a three-phase manner.

Thus, the entrepreneur must verify, through a digital platform made available by the Environmental Agency, if his enterprise will be located in an area that presents any locational criteria, as stated in Article 6, Paragraph 5:

§5º – For the purposes of planning the enterprise or activity, as well as verifying the incidence of locational criteria and restriction or prohibition factors, the entrepreneur may access the Sisema's Spatial Data Infrastructure (IDE-Sisema) computerized system, in which the georeferenced data relative to the criteria and factors contained in Tables 4 and 5 of the Sole Annex of this Normative Deliberation are available.

Na região do Geossistema do Vale do Rio Peixe Bravo, ao consultar o critério locacional “Localização prevista em área de alto ou muito alto grau de potencialidade de ocorrência de cavidades, conforme dados oficiais do CECAV-ICMBio” a partir da plataforma IDE-SISEMA, percebe-se que o grau de potencialidade indicado para a região é Médio ou de Ocorrência Improvável (Figura 09). Portanto, na análise espeleológica, o atual conhecimento produzido na escala (1:2.500.000) demonstra equivocadamente que a região do Vale do Peixe Bravo não detém relevância e sensibilidade dos componentes ambientais espeleológicos frente à instalação de empreendimentos com potencial poluidor. Tal informação, em escala não adequada, pode gerar prejuízos e decisões enviesadas no trâmite do licenciamento ambiental.

In the Peixe Bravo River Valley Geosystem region, when consulting the locational criterion “Location in an area of high or very high degree of potential occurrence of cavities, according to official data from CECAV-ICMBio” from the IDE-SISEMA platform, one realizes that the degree of potentiality indicated for the region is Medium or of Unlikely Occurrence (Figure 09). Therefore, in the speleological analysis, the current knowledge produced at the scale (1:2,500,000) erroneously demonstrates that the Peixe Bravo River Valley region does not have relevance and sensitivity of the speleological environmental components facing the installation of potentially polluting enterprises. Such information, in an inadequate scale, can generate prejudices and biased decisions in the environmental licensing process.

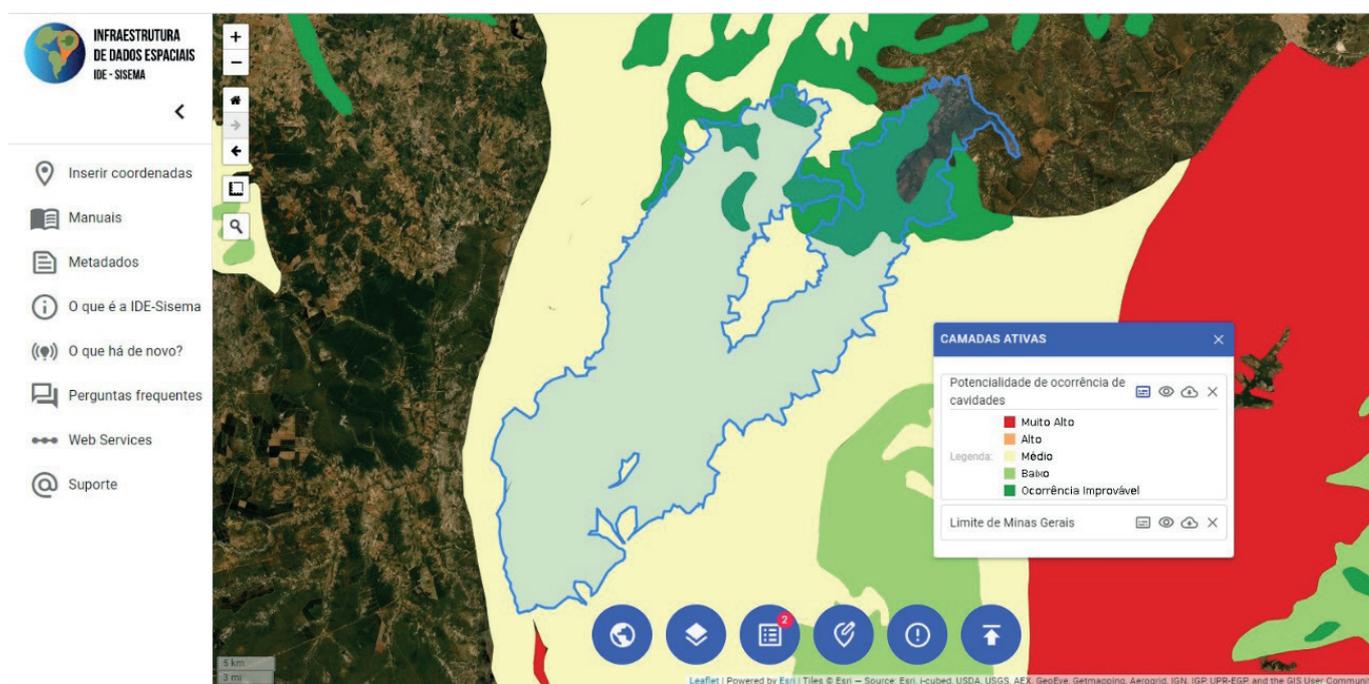


Figura 9: Visualização do critério locacional “Potencialidade de ocorrência de cavidades” demonstrando que para a região do Vale do Rio Peixe Bravo (polígono azul) não indica potencial Alto ou Muito Alto. Fonte: Infraestrutura de Dados Espaciais do Sisema – IDE-Sisema, disponível em <https://idesisema.meioambiente.mg.gov.br/webgis>. Consulta em: 21/10/2021.

Figure 9: Visualization of the locational criterion “Cavities occurrence potentiality” showing that for the Peixe Bravo River Valley region (blue polygon) it does not indicate High or Very High potential. Source: Sisema’s Spatial Data Infrastructure - IDE-Sisema, available at <https://idesisema.meioambiente.mg.gov.br/webgis>. Consulta em: 21/10/2021.

Área prioritária para conservação

Apesar de apresentar um importante patrimônio espeleológico e paleontológico para a conservação, o Vale do Rio Peixe Bravo congrega o único geossistema ferruginoso de Minas Gerais que não contém nenhum tipo de Unidade de Conservação (Carmo et al., 2015). Além de um novo polo para conservação de cavidades naturais subterrâneas, da ocorrência de sítios arqueológicos e de paleotocas, o Vale do Rio Peixe Bravo sobrepõe diversas Áreas Prioritárias para a Conservação (Tabela 01).

Priority Area for Conservation

Despite presenting an important speleological and paleontological heritage for conservation, the Peixe Bravo River Valley brings together the only ferruginous geosystem of Minas Gerais that does not contain any type of Conservation Unit (Carmo et al., 2015). In addition to a new pole for conservation of natural underground cavities, the occurrence of archaeological sites and paleoburrow, the Peixe Bravo River Valley overlaps several Priority Areas for Conservation (Table 01).

Tabela 1: Áreas de relevante interesse para a Conservação sobrepostas a região do Geossistema do Vale do Rio Peixe Bravo, norte de Minas Gerais. ACB: área chave para a conservação de plantas raras. Fonte: Carmo, Campos & Kamino (2017).

Identificação	Grau de Importância/Categoria	Ação/Recomendação
Área Prioritária para Conservação Biodiversidade Brasileira (MMA, 2008)	Extremamente Alta	<ul style="list-style-type: none"> • Elaboração de inventários bióticos. • Envolvimento da comunidade local nas questões ambientais e no manejo e preservação da biota local. • Criação de unidades de conservação de proteção integral. • Recuperação de áreas degradadas.
Área Prioritária para Conservação Biodiversidade de Minas Gerais (Drummond <i>et al.</i> , 2005)	Especial	<ul style="list-style-type: none"> • Investigação científica.
Área Prioritária para Conservação de Invertebrados (Drummond <i>et al.</i> , 2005)	Especial	<ul style="list-style-type: none"> • Criação de unidades de conservação
Área Prioritária para Conservação da Flora de Minas Gerais (Drummond <i>et al.</i> , 2005)	Alta	<ul style="list-style-type: none"> • Elaboração de inventários bióticos.
Área Prioritária para Conservação Herpetofauna, Espinhaço Sul (Drummond <i>et al.</i> , 2005)	Especial	<ul style="list-style-type: none"> • Elaboração de inventários. • Criação de unidades de conservação
ACB's Plantas Raras, Serra da Bocaina e Serra do Deus-me-livre (Giulietti <i>et al.</i> , 2009)	De acordo com Rapini et al. (2009): “esses sítios devem ser percebidos pelos órgãos ambientais como os setores mais frágeis do território brasileiro e que por isso exigem uma atenção maior no que diz respeito ao licenciamento ambiental, dado que um planejamento inadequado poderá levar à perda de espécies únicas do patrimônio biológico brasileiro”	

Tabela 1: Áreas de relevante interesse para a Conservação sobrepostas a região do Geossistema do Vale do Rio Peixe Bravo, norte de Minas Gerais. ACB: área chave para a conservação de plantas raras. Fonte: Carmo, Campos & Kamino (2017).

Identification	Degree of Importance/Category	Action/Recommendation
Brazilian Biodiversity Priority Area for Conservation (MMA, 2008)	Extremely High	<ul style="list-style-type: none"> • Preparation of biotic inventories. • Local community involvement in the environmental issues and the management and preservation of local biota. • Creation of fully protected conservation units. • Recovery of degraded areas.

<i>Identification</i>	<i>Degree of Importance/Category</i>	<i>Action/Recommendation</i>
<i>Minas Gerais Biodiversity Priority Area for Conservation (Drummond et al., 2005)</i>	<i>Special</i>	<ul style="list-style-type: none"> <i>Scientific research.</i>
<i>Invertebrates Priority Area for Conservation (Drummond et al., 2005)</i>	<i>Special</i>	<ul style="list-style-type: none"> <i>Creation of conservation units.</i>
<i>Minas Gerais Flora Priority Area for Conservation (Drummond et al., 2005)</i>	<i>Alta</i>	<ul style="list-style-type: none"> <i>Elaboração de inventários bióticos.</i>
<i>Herpetofauna Priority Area for Conservation, Espinhaço Sul (Drummond et al., 2005)</i>	<i>Special</i>	<ul style="list-style-type: none"> <i>Elaboration of inventories.</i> <i>Creation of conservation units</i>
<i>According to Rapini et al. (2009):</i>		
<i>CBA's Rare Plants, Serra da Bocaina and Serra do Deus-me-livre (Giulietti et al., 2009)</i>	<i>“these sites must be perceived by the environmental agencies as the most fragile sectors of the Brazilian territory and that, for this reason, require greater attention with regard to environmental licensing, given that inadequate planning could lead to the loss of unique species of the Brazilian biological heritage”.</i>	

Corroborando com a urgência de se indicar Unidades de Conservação, o Mapa das Áreas Prioritárias para a Conservação do Patrimônio Espeleológico Brasileiro (2018) apresenta 4 (quatro) categorias para a região:

Categoria 1 - Áreas com ações prioritárias voltadas para: i) criação ou ampliação de unidades de conservação; ii) fiscalização e monitoramento; iii) educação ambiental e patrimonial.

Categoria 2 - Áreas com ações prioritárias voltadas para: i) criação ou ampliação de unidades de conservação; ii) manejo (inclui elaboração e implantação de plano de manejo espeleológico ou de plano de manejo de unidades de conservação, bem como demais ações de manejo para conservação); iii) educação ambiental e patrimonial.

Categoria 3 - Áreas com ações prioritárias voltadas para: i) fiscalização e monitoramento; ii) ampliação do conhecimento (pesquisa, prospecção espeleológica, validação de coordenadas); iii) educação ambiental e patrimonial.

Categoria 4 - Áreas com ações prioritárias voltadas para: i) ampliação do conhecimento (pesquisa, prospecção espeleológica, validação de coordenadas); ii) educação ambiental e patrimonial.

A Figura 10 indica a localização dos polígonos e suas respectivas categorias para prioridade de conservação, conforme descrito acima.

Corroborating the urgency of indicating Conservation Units, Brazilian Speleological Heritage Priority Areas for Conservation Map (2018) presents four (4) categories for the region:

Category 1 - Areas with priority actions for: i) creation or expansion of conservation units; ii) inspection and monitoring; iii) environmental and heritage education.

Category 2 - Areas with priority actions for: i) creation or expansion of conservation units; ii) management (including preparation and implementation of a speleological management plan or a conservation unit management plan, as well as other conservation management actions); iii) environmental and heritage education.

Category 3 - Areas with priority actions focused on: i) surveillance and monitoring; ii) expansion of knowledge (research, speleological prospection, coordinate validation); iii) environmental and patrimonial education.

Category 4 - Areas with priority actions aimed at: i) increasing knowledge (research, speleological prospection, coordinate validation); ii) environmental and heritage education.

Figure 10 indicates the polygons location and their respective categories for conservation priority, as described above.

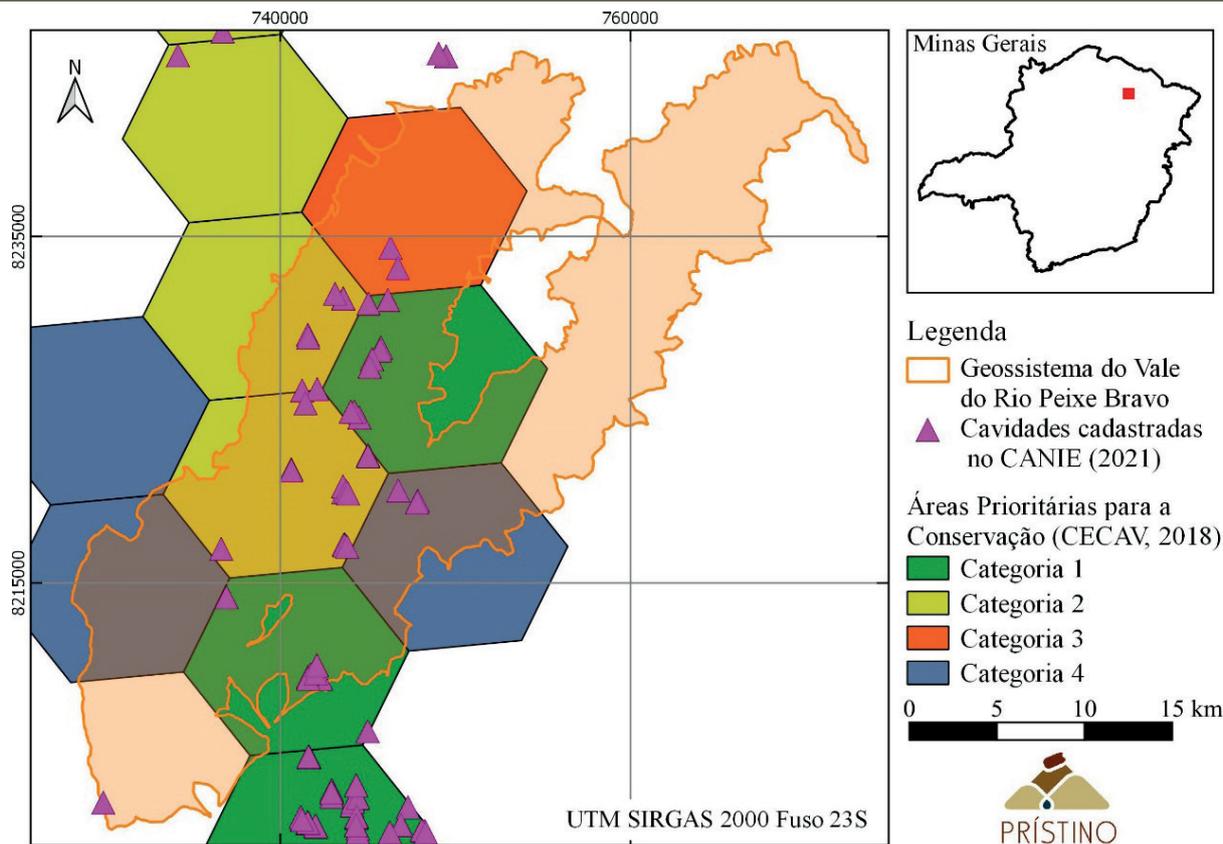


Figura 10: Visualização do critério locacional “Potencialidade de ocorrência de cavidades” demonstrando que para a região do Vale do Rio Peixe Bravo (polígono azul) não indica potencial Alto ou Muito Alto. Fonte: Infraestrutura de Dados Espaciais do Sisema – IDE-Sisema, disponível em <https://idesisema.meioambiente.mg.gov.br/webgis>. Consulta em: 21/10/2021.

Figure 10: Priority Areas for the conservation of cavities (colored hexagons) overlapping the region of the Peixe Bravo River Valley (orange polygon). Adapted from the Brazilian Speleological Heritage Priority Areas for Conservation Map (2018).

A implementação das ações para criação de Áreas Protegidas se torna urgente pois a região do Vale do Rio Peixe Bravo está totalmente sobreposta por dezenas de títulos minerários de ferro, incluindo títulos na fase de requerimento de lavra (Carmo, 2012). Além disso, desde 2018, está em curso o licenciamento ambiental de um empreendimento minerário de grande porte na região. Atualmente, mesmo não havendo atividade em escala industrial de extração de minério de ferro, a região já possui impactos ambientais negativos devido à abertura de centenas de praças de sondagem geológica (Carmo & Kamino, 2017).

The implementation of actions to create Protected Areas becomes urgent because the Peixe Bravo River Valley region is completely overlaid by dozens of iron mining titles, including titles in the mining application stage (Carmo, 2012). In addition, is underway since 2018, the environmental licensing of a large-scale mining enterprise in the region. Currently, even though there is no industrial-scale iron ore extraction activity, the region already has negative environmental impacts due to the vegetation clearing of hundreds of spots for geological drilling (Carmo & Kamino, 2017).

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Torna-se evidente a necessidade do refinamento e atualização do Mapa de Potencialidade de Ocorrência de Cavernas no Brasil, especificamente com relação a escala e litotipos ainda não considerados. No presente estudo de caso para a região do Vale do Rio Peixe Bravo, indicou-se que o uso de informações em escala inadequada pode trazer prejuízo durante a análise do patrimônio espeleológico nos processos de licenciamento ambiental. Especificamente, no caso de Minas Gerais,

FINAL CONSIDERATIONS

It becomes evident the need for refinement and updating of the Map of Potential Occurrence of Caves in Brazil, specifically with regard to scale and not yet considered lithotypes. In the present case study for the Peixe Bravo River Valley region, it was indicated that the use of information in inadequate scale can harm the analysis of the speleological heritage in environmental licensing processes. Specifically, in the case of Minas Gerais, it was verified from the IDE-SISEMA platform that the

verificou-se a partir da plataforma IDE-SISEMA que o Vale do Rio Peixe Bravo apresentou, erroneamente, ausência do critério locacional “Potencialidade de ocorrência de cavidades”. Portanto, os resultados do presente trabalho poderão subsidiar uma atualização nos bancos de dados oficiais, o que por sua vez contribuirá para o aprimoramento da gestão do Patrimônio Espeleológico em pelo menos duas situações: orientará pesquisas técnico-científicas; e auxiliará adequadamente a tomada de decisão dos órgãos ambientais licenciadores.

Peixe Bravo River Valley erroneously presented absence of the locational criterion “Potentiality of occurrence of cavities”. Therefore, the results of the present work can subsidize an update in the official databases, which in turn will contribute to the improvement of the management of the Speleological Heritage in at least two situations: it will guide technical-scientific research; and it will adequately assist the decision making of the environmental licensing agencies.

REFERÊNCIAS / REFERENCES

- AULER A.S.; PILÓ, L.B. **Introdução às cavernas em minério de ferro e canga**. O Carste, v.17, n.3, p.70-72, 2005.
- BUCHMANN, F.S.; CARMO, F.F.; CARMO, F.F.; JACOBI, C.M.; FERREIRA, V.M.S.; FRANK, H.T. **Paleotocas desenvolvidas em rochas ferríferas: importante registro da megafauna no norte de Minas Gerais**. In: CARMO, F.F.; KAMINO, L.H.Y. Geossistemas ferruginosos do Brasil: áreas prioritárias para conservação da diversidade geológica e biológica, patrimônio cultural e serviços ambientais. Belo Horizonte: 3i Editora, 2015. p. 149-167.
- CARMO, F.F., CARMO, F.F., SALGADO, A.A.R.; JACOBI, C.M. **Novo sítio espeleológico em sistemas ferruginosos, no vale do rio Peixe Bravo, norte de Minas Gerais, Brasil**. Espeleo-Tema. vol.22, n.1, p.25-39, 2011a.
- CARMO, F.F., CARMO, F.F., BUCHMANN, F.S.C., FRANK, H.T.; JACOBI, C.M. **Primeiros registros de paleotocas desenvolvidas em formações ferríferas, Minas Gerais, Brasil**. In: Congresso Brasileiro de Espeleologia, 31., 2011, Ponta Grossa. Anais. Ponta Grossa, 2011b. p.531-540.
- CARMO, F.F. **Novo Polo para Conservação em Geossistema Ferruginoso na Região do Rio Peixe Bravo, Norte de Minas Gerais**. 2012. 116 f. Dissertação (Mestrado em Ecologia, Conservação e Manejo da Vida Silvestre). Instituto de Ciências Biológicas, Universidade Federal de Minas Gerais. Belo Horizonte, 2012.
- CARMO, F.F.; CAMPOS, I.C.; CARMO, F.F.; TOBIAS-JUNIOR, R. **O Vale do Peixe Bravo: área prioritária para a conservação dos geossistemas ferruginosos no norte de Minas Gerais**. In: CARMO, F.F.; KAMINO, L.H.Y. Geossistemas ferruginosos do Brasil: áreas prioritárias para conservação da diversidade geológica e biológica, patrimônio cultural e serviços ambientais. Belo Horizonte: 3i Editora, 2015. p. 497-520.
- CARMO, F.F.; CAMPOS, I.C.; KAMINO, L.H.Y. **Patrimônio Ambiental e Cultural no Vale do Rio Peixe Bravo**. In: CARMO, F.F.; KAMINO, L.H.Y. O Vale do Rio Peixe Bravo: ilhas de ferro no sertão mineiro. Belo Horizonte: 3i Editora, 2017. p. 14-27.
- CECAV - CENTRO NACIONAL DE PESQUISA E CONSERVAÇÃO DE CAVERNAS. **Mapa de Potencialidade de Ocorrência de Cavernas no Brasil, na escala 1:2.500.000**. Brasília, CECAV, 2012. Disponível em: <<https://www.icmbio.gov.br/cecav/projetos-e-atividades/potencialidade-de-ocorrencia-de-cavernas.html>>. Acesso em: 11 out. 2021.
- CECAV - CENTRO NACIONAL DE PESQUISA E CONSERVAÇÃO DE CAVERNAS. **Anuário estatístico do patrimônio espeleológico brasileiro**. Brasília, CECAV, Ano 3, Número 3, 2021. Disponível em: <<https://www.icmbio.gov.br/cecav/destaques/90-anuario-estatistico-do-patrimonio-espeleologico-brasileiro-2018.html>>. Acesso em: 11 out. 2021a.
- CECAV - CENTRO NACIONAL DE PESQUISA E CONSERVAÇÃO DE CAVERNAS. **Base de Dados Geoespacializados das Cavernas do Brasil. Atualização de julho de 2021**. Brasília, CECAV, 2021. Disponíveis em: <<https://www.icmbio.gov.br/cecav/canie.html>>. Acesso em: 11 out. 2021b.
- CECAV - CENTRO NACIONAL DE PESQUISA E CONSERVAÇÃO DE CAVERNAS. **Mapa das Áreas Prioritárias para a Conservação do Patrimônio Espeleológico Brasileiro – Primeira Aproximação**. Brasília, CECAV, 2018. Disponível em: <https://www.icmbio.gov.br/cecav/images/stories/Areas_Prioritarias_Patrimonio_Espeleologico_2018.pdf>. Acesso em: 11 out. 2021.
- CPRM. SERVIÇO GEOLÓGICO DO BRASIL. **Geodiversidade do Estado de Minas Gerais. Programa Geologia do Brasil - Levantamentos da geodiversidade**. Brasil, CPRM, 2010. Disponível em: <<https://rigeo.cprm.gov.br/xmlui/handle/doc/16735?show=full>>. Acesso em: 11 out. 2021.

- IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Malha Municipal Digital da Divisão Político-Administrativa do Estado de Minas Gerais em formato Shapefile**. Brasília: IBGE, 2020. Disponível em: https://geoftp.ibge.gov.br/organizacao_do_territorio/malhas_territoriais/malhas_municipais/municipio_2020/UFs/MG/MG_Municipios_2020.zip. Acesso em: 11 out. 2021.
- JANSEN, D.C.; CAVALCANTI, L.F.; LAMBLÉM, H.S. **Mapa de Potencialidade de Ocorrência de Cavernas no Brasil, na Escala 1:2.500.000**. Revista Brasileira de Espeleologia-RBEsp, v.2, nº1, 42-57, 2012.
- MINAS GERAIS. COPAM. CONSELHO ESTADUAL DE POLÍTICA AMBIENTAL. **Deliberação Normativa COPAM nº 217, de 06 de dezembro 2017**. Disponível em: < <http://www.siam.mg.gov.br/sla/download.pdf?id-Norma=45558>>. Acesso em: 11 out. 2021.
- MINAS GERAIS. SISEMA. SISTEMA ESTADUAL DE MEIO AMBIENTE E RECURSOS HÍDRICOS. **Infraestrutura de Dados Espaciais – IDE-SISEMA**. Disponível em: < <https://idesisema.meioambiente.mg.gov.br/webgis>>. Acesso em: 11 out. 2021.
- NOCE, C.M.; PEDROSA-SOARES, A.C.; GROSSI-SAD, J.H.; BAARS, F.J.; GUIMARÃES, M.V.; MOURÃO, M.A.A.; OLIVEIRA, M.J.R.; ROQUE, N.C. **Nova Subdivisão Estratigráfica Regional do Grupo Macaúbas na Faixa Araçuaí: O Registro de uma Bacia Neoproterozóica**. Boletim do Núcleo Minas Gerais-Sociedade Brasileira de Geologia, v.14, p. 29-31, 1997.
- PEDROSA-SOARES, A.C.; BABINSKI, M.; NOCE, C., MARTINS, M.; QUEIROGA, G.; VILELA, F. The Neoproterozoic Macaúbas Group (Araçuaí orogen, SE Brazil). In: E. Arnaud, G.P. Halverson & G. Shields-Zhou (eds), **The Geological Record of Neoproterozoic Glaciations**. Geol. Soc. London, *Memoirs*, 36. 2011. p. 523–534.
- PIACENTINI, T.; BOGGIANI, P. C.; YAMAMOTO, J. K.; FREITAS, B. T.; CRUZ CAMPANHA, G. A. **Formação ferrífera associada à sedimentação glaciogênica da Formação Puga (Marinoano) na Serra da Bodoquena, MS**. Revista Brasileira de Geociências, 37(3); p. 530-541, 2007.
- TOBIAS JUNIOR, R. **Arqueologia no Vale do Rio Peixe Bravo: primeiras abordagens**. In: Flávio Fonseca do Carmo; Luciana Hiromi Yoshino Kamino. (Org.). O Vale do Rio Peixe Bravo: ilhas de ferro no sertão mineiro. 1ed. Belo Horizonte: 3i, 2017, v. , p. 48-79.
- UHLEIN, A.; TROMPETTE, R.R.; EGYDIO-SILVA, M.; VAUCHEZ, A.A. **Glaciação Sturtiana (750 MA), a Estrutura do Rife Macaúbas-Santo Onofre e a Estratigrafia do Grupo Macaúbas, Faixa Araçuaí**. Geonomos, v.15, nº1, p. 45-60, 2007.
- VILELA, O.V. **As jazidas de minério de ferro dos municípios de Porteirinha, Rio Pardo de Minas, Riacho dos Machados e Grão-Mogol, norte de Minas Gerais**. In: SCHOBHENHAUS C. & COELHO C.E.S. Principais Depósitos Mineraias do Brasil: Ferro e Metais da Indústria do Aço, v. 2. 1986. p.111-120.
- VILELA, F.T.; PEDROSA-SOARES, A.C.; CARVALHO, M.T.N.; ARIMATÉIA, R.; SANTOS, E.; VOLL, E. 2014. **Metalogênese da Faixa Araçuaí: o Distrito Ferrífero Nova Aurora (Grupo Macaúbas, Norte de Minas Gerais) no contexto dos Recursos Mineraias do Orógeno Araçuaí**. In: SILVA, M.G.; NETO, M.B.R.; JOST, H.; Kuyumjian, R.M. (Orgs.) Metalogênese das províncias tectônicas brasileiras. Belo Horizonte: CPRM. p. 415-430. 2014.

Fluxo editorial:

Recebido em: 21/12/2021

Aprovado em: 04/03/2022



A revista Espeleo-Tema é uma publicação da Sociedade Brasileira de Espeleologia (SBE).

Para submissão de artigos ou consulta aos já publicados visite:

www.cavernas.org.br/espeleo-tema.asp

A HISTÓRIA DO TOPGRU *TOPGRU's HISTORY*

Marcelo Taylor de Lima (1, 2); Guilherme Augusto Rodrigues de Sousa (1, 2)

(1) Sociedade Excursionista e Espeleológica (SEE), Ouro Preto - MG.

(2) Grupo de Desenvolvimento do Aplicativo TOPGRU, Ouro Preto - MG.

Contato: see@ufop.edu.br

RESUMO

Conta-se a história de como foi desenvolvido o TOPGRU, o primeiro aplicativo brasileiro de topografia de cavidades naturais subterrâneas, desde seu início nos anos 1980 até seu lançamento público em código aberto em 2020. O TOPGRU iniciou-se como um programa para grandes computadores e este relato conta seu desenvolvimento e adequação para integrar-se aos aplicativos mais atuais no auxílio da espeleotopografia. Assim, são relatadas as experiências e dificuldades do autor no início da sua elaboração, como acesso a computadores, são descritos os tipos de equipamentos utilizados então e suas características e são relatadas as saídas atuais do aplicativo, com integração a CAD, KML, THERION, COMPASS e outras. Relata qual é a lógica de funcionamento do TOPGRU e sua adequação às metodologias de campo de espeleotopografia de visada ao chão e visada a outro espeleólogo na mesma altura daquele que visa.

Palavras-Chave: Topografia, espeleotopografia; TOPGRU, espeleometria

ABSTRACT

This essay tells the story of how TOPGRU, the first Brazilian application for surveying natural underground cavities, was developed, from its inception in the 1980s to its open source public release in 2020. TOPGRU started as a program for large computers, and this report tells of its development and adaptation to integrate with current applications to aid speleotopography. Hence, the author's experiences and difficulties at the beginning of its development are reported, such as access to computers, the types of equipment used then and their characteristics. The current outputs of the application are reported, with integration to CAD, KML, THERION, COMPASS and others. It reports what is TOPGRU functioning logic and its adequacy to the speleotopography field methodologies of ground sighting and sighting to another speleologist at the same height.

Keywords: Topography, speleotopography; TOPGRU, speleometry

O INÍCIO

A história do Topgru começou em longas madrugadas de meados dos anos 1980 comigo ainda estudante plotando estações topográficas e leituras direitas e esquerdas e perfis retificados com régua, esquadros, transferidor, compasso e escalímetro, na sede da Sociedade Excursionista e Espeleológica - SEE -, entidade que eu fazia parte quando estudante e que ainda sou membro ex-aluno. Ao longo desse tedioso processo eu sempre me perguntava se não haveria alguma maneira de realizar esse processo automaticamente. Nessa época eu já tinha ajudado em uma "cirurgia" no papel branco em que a topografia era da Lapa Nova de Vazante, MG, onde uma distância mal colocada de 5 metros de no desenho foi "extirpada" cortando-se com gilete e recolada com numerosas tiras de durex com a ajuda de uns 4 companheiros para que tudo se mantivesse no local.

THE BEGINNING

TOPGRU's history began in the late nights of the mid 1980s when I was still a student plotting topographic stations, right and left readings and rectified profiles with ruler, set square, protractor, compass and scalimeter. All of that at the headquarters of the Sociedade Excursionista e Espeleológica (Speleological and Excursionist Society - SEE), an entity I was part of as a student, and of which I am still an alumnus member. Throughout this tedious process I always wondered if there was some way of doing it automatically. By this time, I had already helped in a "surgery" on white paper of the Lapa Nova de Vazante (MG) topography, where a misplaced distance of 5 meters from the drawing was "extirpated" by cutting it with razors and reattached with numerous strips of adhesive tape with the help of four companions to keep everything in place.

Eu mesmo, ao longo dessas solitárias e cansativas madrugadas no Beco da Ferraria, atrás da Escola de Minas de Ouro Preto, já tinha errado a plotagem de estações várias vezes, me obrigando a conferir diversas vezes para assegurar que o mapa da gruta não saísse todo errado. E pensava... “deve haver alguma maneira mais fácil...”.

A primeira grande novidade que deu origem ao Topgru, foi uma visita à excelente Copiadora Brasileira, em uma das minhas idas a Belo Horizonte, quando descobri que tinham rolos de papel milimetrado de 1,10m de largura. Isso, então era realmente uma grande novidade! Comprei imediatamente um rolo, pois usando papel milimetrado não teria mais que “transpor” o Norte com os esquadros, um processo delicado, sempre sujeito a erros. E nesse método foi plotada a topografia da

Gruta da Igrejinha, Ouro Preto, MG em 1985, com um razoável ganho de produtividade e qualidade. Mas eu continuava pensando... “deve haver alguma maneira mais fácil...”.

I myself, during those lonely and tiring late nights at Ferraria alley, behind the Ouro Preto School of Mines, had already made mistakes in the station plotting several times, forcing myself to check it several times to make sure that the cave map didn't come out all wrong. I thought then, “there must be an easier way...”

The first great news that gave rise to TOPGRU was a visit to the excellent Copiadora Brasileira (Brazilian copier), on one of my trips to Belo Horizonte, when I discovered that they had rolls of 1.10m wide millimeter paper. This was really great news! I immediately bought a roll, because using millimeter paper I would no longer have to “transpose” the North with the set squares, a delicate process, always prone to errors.

So, this method was used to plot the topography of Gruta da Igrejinha, Ouro Preto, MG in 1985, with a reasonable gain in productivity and quality. Nevertheless, I kept thinking... “There must be an easier way...”

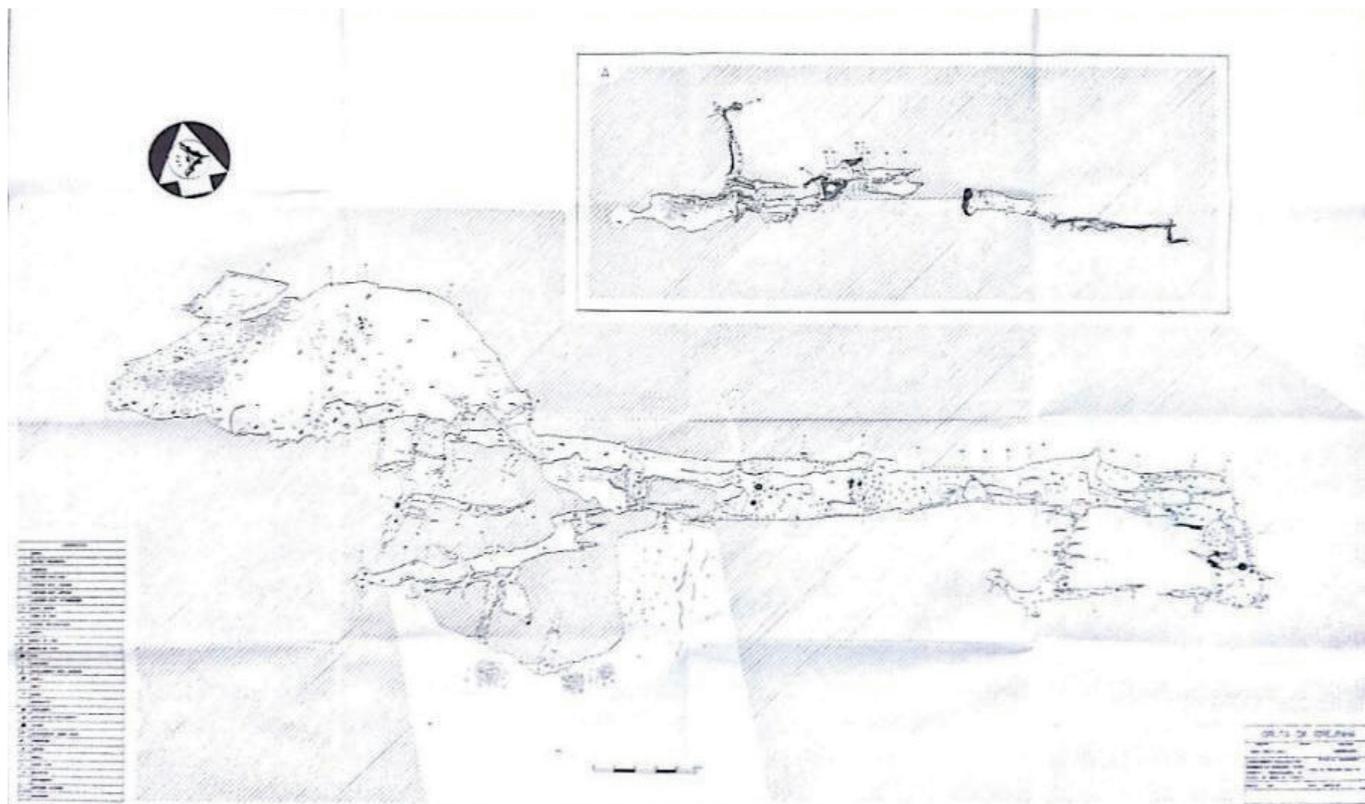


Figura 1: Mapa da Gruta da Igrejinha, publicada como encarte na Revista da Escola de Minas, 3º trimestre de 1986

Figure 1: Igrejinha Cave Map, published as an insert in the magazine Revista da Escola de Minas, 3rd quarter 1986

A segunda grande novidade progenitora do programa foi que, no convênio assinado entre a Petrobrás para a pós-graduação em Geologia e Engenharia de Minas da UFOP, o Laboratório de computação da pós teria acesso ao computador mainframe CYBER 170/720

The second great news was that, in the agreement signed between Petrobrás for the post-graduation in Geology and Mining Engineering at UFOP, the post-graduation computer laboratory would have access to the CYBER 170/720 mainframe

(um supercomputador fantástico para a época) do Centro de Pesquisa da Petrobrás. É claro que o laboratório era exclusivo para a pós-graduação, mas com uma boa conversa e explicando os nobres motivos do meu pedido (a maneira mais fácil de fazer...), tive autorização para uso (obrigado Armando Zaupa) quando não conflitasse com as outras prioridades do laboratório (ou seja, mais madrugadas...). Lembro que eu ficava procurando ver a toda hora se havia algum terminal livre e com a ajuda incomensurável dos analistas e amigos Moacir e Marcílio (obrigado!) pude ir aos poucos vencendo os desafios que era fazer de uma maneira mais fácil.

computer (a fantastic supercomputer for the time) at the Petrobrás Research Center. Of course, the lab was exclusive for graduate students, but with a good conversation and explaining the noble reasons of my request (an easier way to do it...), I was authorized to use it (thanks Armando Zaupa) when it did not conflict with the other priorities of the lab (i.e., more late nights...). I remember that I was always trying to see if there was any free terminal and with the immeasurable help of the analysts and friends Moacir and Marcílio (thank you!) I could slowly overcome the challenge that was to do in an easier way.



Figura 2: Funcionária Elaine Penney operando um Mainframe Cyber 170/7200 no 6º Esquadrão de Alerta de Mísseis em outubro de 1986. Foto de domínio público acessada em 020/06/2020 em https://commons.wikimedia.org/wiki/File:PAVE_Paws_Computer_Room.jpg

Figure 2: Employee Elaine Penney operating a Cyber 170/7200 Mainframe at the 6th Missile Warning Squadron in October 1986. Public domain photo accessed on 020/06/2020 at https://commons.wikimedia.org/wiki/File:PAVE_Paws_Computer_Room.jpg

É preciso entender o que significava esse acesso em 1985. Havia uma Lei de Informática maluca (que representou anos de atraso tecnológico para o Brasil), que quase impossibilitava a importação de computadores. Assim PCs, que tinham sido lançados em 1981, eram um sonho de consumo, além de serem caríssimos nas poucas vezes em que se permitia a importação. Esse maravilhoso e grande Cyber era utilizado até no sistema de defesa americano e tinha uma velocidade vertiginosa de 0,9 MIPS (Milhões de Instruções por Segundo). Para vocês terem uma idéia da evolução, o processador notebook onde escrevo este texto tem uma velocidade de 221.720 MIPS. Acesso a uma maravilha dessas era todo um privilégio!

It is necessary to understand what this access meant in 1985. There was a crazy IT Law (that represented years of technological backwardness for Brazil), which made it almost impossible to import computers. Therefore, PCs, which had been launched in 1981, were a consumption dream, besides being very expensive the few times they were allowed to be imported. This wonderful big Cyber was even used in the American defense system and had a dizzying speed of 0.9 MIPS (Millions of Instructions per Second). To give you an idea of the evolution, the notebook processor where I am writing this text has a speed of 221,720 MIPS. Access to such a marvel was a huge privilege!

Estar em Ouro Preto e ter acesso a um terminal de computador a 500 km de distância no Rio de Janeiro, conectado por um modem com a estonteante velocidade de 1,200 kbps (minha internet de casa é conectada a 10 Mbps) parecia filme se ficção científica na época. Utilizávamos uns monitores de fósforo verde, com um teclado que cada vez em que se introduzia uma linha de texto (ou código) demorava uns 3 segundos para aceitar, quando a linha estava boa! Para salvar o programa e seus resultados, tínhamos uma conexão com um computador pessoal de 8 bits Scopus e salvávamos em arquivos em discos de 8 polegadas com a enorme capacidade de 256 kB (meu celular tem 128 MB de memória).

Being in Ouro Preto and having access to a computer terminal 500 km away in Rio de Janeiro, connected by a modem with a dizzying speed of 1,200 kbps (my home internet is connected at 10 Mbps) seemed like a science fiction movie at the time. We used phosphor green monitors, with a keyboard that took about 3 seconds to accept each time a line of text (or code) was entered, when the line was good! To save the program and its results, we had a connection to an 8-bit Scopus personal computer and saved in files on 8-inch floppy disks with the enormous capacity of 256 kB (my cell phone has 128 MB memory).

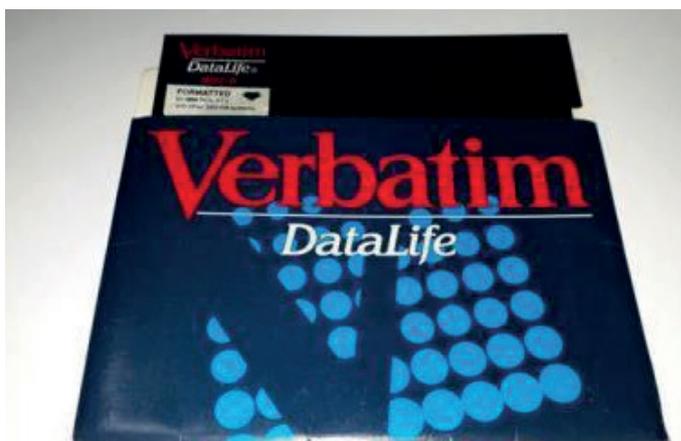


Figura 3: Disquete de 8 polegadas Verbatim, de 360 kB de capacidade.

Figure 3: Verbatim 8-inch floppy disk, 360 kB capacity.



Figura 4: Microcomputador Scopus de 8 bits, com monitor de fósforo verde.

Figure 4: Scopus 8-bit microcomputer with green phosphor monitor.

Assim, passo a passo, foi sendo feito o código inicial do TOPGRU e em meados de 1986 estava funcionando. Isso permitia uma enorme evolução, tanto no tempo de plotagem das estações no rolo de papel milimetrado, quanto na confiabilidade da topografia passada. Eliminava-se o erro gráfico acumulado

Step by step, the initial TOPGRU code was made, and by mid 1986 it was working. This allowed an enormous evolution, both in the time it took to plot the stations on the millimeter paper roll, and in the reliability of the plotted topography. The accumulated graphical error of the “point of the

da “ponta da lapiseira” já que toda vez que se coloca um ponto no papel ocorre um erro de no mínimo (com muito capricho e se não houver) de 0,5 mm, o que na escala de 1:200 quer dizer 10 cm por estação. Em uma gruta como a Gruta da Igrejinha, com umas 100 estações na linha base, já representava um erro de 10 metros na estação mais distante, se tudo fosse muito bem feito. Além disso, se acabava com o engano (“blunder”, em inglês). Ou seja, se uma estação fosse mal plotada, o erro era exclusivo dessa estação, não tinha repercussão sobre as demais. Era só apagar a estação errada e colocá-la no lugar certo. Ou seja, não haveria “cirurgia” como no caso da Lapa Nova.

pencil” was eliminated, since every time a point is put on paper, there is an error of at least 0.5 mm, which in a scale of 1:200 means 10 cm per station. In a cave like the Igrejinha Cave, with about 100 stations on the base line, there would already be a 10-m error at the farthest station, if everything was done very well. In addition, there was no more “blunders”. That is, if a station was badly plotted, the error was exclusive to that station, and had no repercussions on the others. You could just erase the wrong station and put it in the right place. In other words, there would be no “surgery” as in the case of Lapa Nova.



Figura 5: Detalhes da Planta Baixa e de Perfis Retificados da Gruta Convento, posteriormente digitalizada.

Figure 5: Convento Cave floor plan and rectified profile details, later digitalized.

Com todo esse avanço preparado, era a hora de testar a novidade. Veio o mapeamento da Gruta Convento e outras (que não participei em campo, mas ajudei no escritório), em Campo Formoso, BA. Para topografar seus mais de 9 km, foram necessárias várias excursões e um total de 474 estações para serem plotadas, que digitamos no computador entre alguns (Hélio “Jacu” Lazarim certamente se lembra bem).

With all this advance prepared, it was time to test the novelty. Here came the mapping of Convento Cave and others, in Campo Formoso, BA (where I did not participate in the field, but helped in the office). To map its more than 9 km, it took several excursions and a total of 474 plotted stations, which we typed into the computer between a few people (Hélio “Jacu” Lazarim certainly remembers well).

A escala definida era de 1:750. Como fazer para caber uma gruta tão grande em um papel milimetrado de só

The defined scale was 1:750. How to fit such a large cave on a 1.10-meter-wide graph paper; which

1,10 m de largura, que era a largura máxima do rolo? Um grande desafio para o estreante TOPGRU. Com algumas alterações no código, calculando máximos e mínimos, fomos girando a declinação do Norte até que encontramos um ângulo em que cabia toda a gruta: 73°! Nem 72, nem 74 nem nenhum outro ângulo! Toda uma vitória para o TOPGRU. Acho que por conta dessa rotação o enorme mapa da Convento, de 7 metros, está com o Norte Magnético e não o Verdadeiro plotado até hoje.

Mas passar para o papel milimetrado manualmente 474 estações, suas leituras direitas e esquerdas de vante e de ré, ainda nos obrigou a passar várias madrugadas trabalhando e assim o mapa da gruta do Convento passou a ser o primeiro de uma gruta no Brasil feito com o auxílio de computadores. Os mapas de várias outras grutas foram feitos com essa metodologia (Tapuio, Bodim, Sinim, Troncão, São José, a parte norte do Lapão de Lençóis, entre outras). Mas eu continuava pensando... deve haver alguma maneira mais fácil...

Em 1987 pude ter acesso aos primeiros “similares” nacionais de PCs do Laboratório de Computação (como eram caros!) e em pouco tempo adaptei o programa para PC. Esses dados e programas eram guardados nos maravilhosos novos disquetes de 5 1/4 polegadas de 320kB que permitiam ter o sistema operacional em um disquete, o arquivo executável e o compilador em outro e os dados e resultados em um terceiro (só o PC do analista de sistemas tinha HD, de 10MB, que na época era chamado de “Winchester”). Só que o computador só tinha duas disqueteiras. Assim arrancávamos o computador com um disquete, tirávamos esse e colocávamos o do programa, executávamos com os dados do outro e, se precisássemos fazer alguma mudança, tirávamos o disquete do programa, colocávamos o do sistema operacional e assim por diante... e achávamos uma maravilha!!

was the maximum width of the roll? A great challenge for TOPGRU. With some changes in the code, calculating maximums and minimums, we rotated the declination of North until we found an angle that the whole cave could fit into: 73°! Not 72, not 74, and no other angle! A whole victory for TOPGRU. I think that because of this rotation the huge 7-meter Convento map is plotted with Magnetic North and not True North until today.

In order to manually print 474 stations, their left and right readings, still forced us to spend several nights and dawns working. Thus, Convento cave map became the first cave map in Brazil made with the help of computers. The maps of several other caves were made with this methodology (Tapuio, Bodim, Sinim, Troncão, São José, the northern part of Lapão in Lençóis, among others). But I kept thinking... “there must be some easier way...”

In 1987 I was able to have access to the first national “similar” PCs from the Computer Lab (how expensive they were!) and soon I adapted the program for PCs. These data and programs were stored on the wonderful new 5 1/4-inch 320kB floppy disks that allowed us to have the operating system on one floppy, the executable file and the compiler on another and the data and results on a third (only the systems analyst’s PC had a 10MB hard disk, which was called “Winchester” at the time). The problem was the computer had only two floppy disks inserts. So we would boot the computer with one floppy, take the floppy out and put the program floppy in, run it with the data from the other one, and if we needed to make any changes, take the program floppy out, put the operating system floppy in, and so on... and we thought it was wonderful!



Figura 6: Computador Microtec PC similar (mais avançado) do que aquele que utilizávamos para executar o TOPGRU.

Figure 6: Similar (more advanced) Microtec PC computer than the one we used to run TOPGRU.



Figura 7: Disquete de 5 1/4 polegadas, de 360 kB.

Figure 7: 5 1/4 inch, 360 kB floppy disk.

No final de 1987 publiquei na Revista da Escola de Minas um artigo intitulado “Computação Aplicada à Topografia de Cavernas”, que era para eu ter apresentado no Congresso Brasileiro de Espeleologia de 1986, mas encerraram o Congresso antes da minha apresentação. Assim, apresentei no Congresso seguinte, em setembro, que organizamos em Ouro Preto, comemorando os 50 anos da SEE. Na época não havia dinheiro para a publicação de Anais de Congressos, assim a REM era uma grande apoiadora na divulgação dos nossos trabalhos de Espeleologia.

At the end of 1987 I published in the School of Mines Journal (Revista da Escola de Minas-REM) an article entitled “Computação Aplicada à Topografia de Cavernas” (Computation Applied to Cave Topography), which I was supposed to present at the 1986 Brazilian Congress of Speleology, but they closed the Congress before I could do so. Therefore, I presented it at the following Congress, in September, which we organized in Ouro Preto, celebrating the 50 years of the SEE. At that time, there was no money for publishing Congress annals, so REM was a great supporter in disseminating our Speleology work.

Eu ainda queria que fosse mais fácil ter as estações colocadas sobre papel. Assim que fiz alguns testes em imprimir em uma impressora matricial, com um resultado bastante ruim. Realmente, impressoras matriciais não seriam a solução para facilitar o trabalho...

I still wanted it to be easier to have the stations put on paper. Therefore, I did some tests with printing on a dot-matrix printer, with pretty bad result. Really, dot-matrix printers would not be the solution to make the work easier...

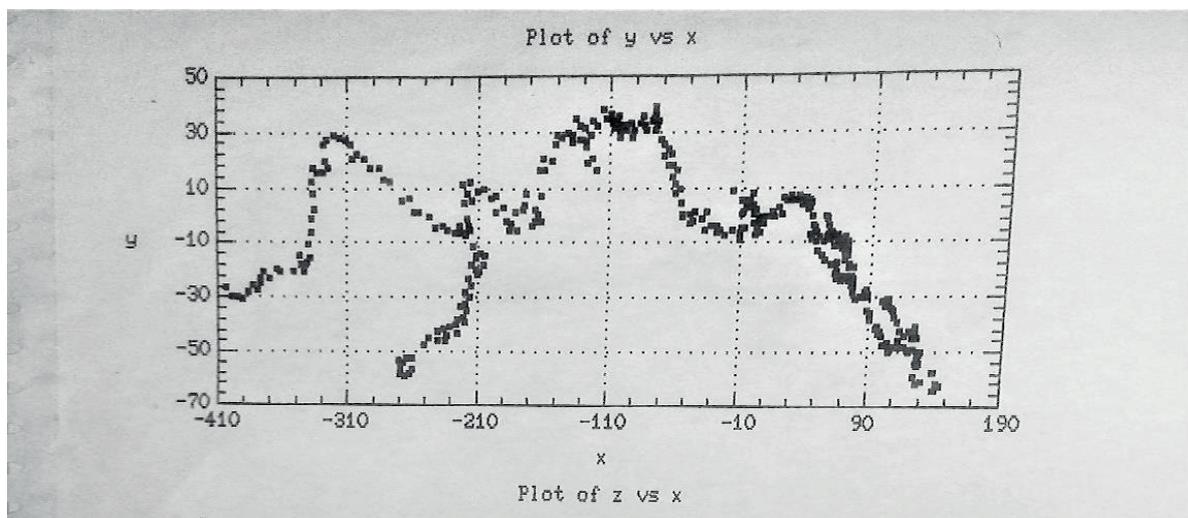


Figura 8: Tentativa de plotagem da Gruta Convento em impressora matricial. Embora o resultado tenha sido ruim, foi a minha primeira plotagem de estações de uma gruta.

Figure 8: Attempting to plot Convento Cave on a dot-matrix printer. Although the result was poor, it was my first cave station plot.

Nos últimos meses de 1988, quando eu estava completamente enrolado em terminar meu Trabalho Geológico para poder me formar, chegou uma grande novidade ao Laboratório de Computação do DEGEO/DEMIN: um plotter, tamanho A3. Rapidamente criei um programinha, (TOPPLOT, depois PLOTGRU, quando juntei os dois) e plotei a linha de centro da Gruta Convento... todo um êxito, mas o tamanho A3 era muito pequeno para ser útil, a não ser em grutas muito pequenas. Mas eu me deliciava vendo o Plotter pegar a canetinha cheia de tinta e ir plotando as estações, escrevendo seu nome, as linhas de visada, uma a uma... ficava quase hipnotizado. Plotei algumas cópias, mas acho que não guardei nenhuma (não achei, ao menos). Lembro-me de ter dado uma ao Clayton Lino, quando ele se preparava para escrever seu ótimo livro “Cavernas: o Fascinante Brasil Subterrâneo” e outra para o falecido Peninha, um grande geólogo e espeleólogo que fazia mestrado em Ouro Preto na época e pode ser que tenha alguma perdida em algum arquivo empoeirado da SEE... mas estava ficando mais fácil. Um Plotter maior e já seria possível fazer todo o trabalho de plotagem em minutos, além de abrir as possibilidades de fazer todo o desenho da gruta em AutoCad, que já começava a despontar como um software na época.

No final de 1988 me formei e fui para a Espanha estudar Hidrogeologia no ano seguinte, deixando o programa funcionando na SEE. Lá continuei com a Espeleologia, mas, como para fazer topografia de grutas é necessário um grupo de pessoas interessadas, acabei me afastando um pouco do tema. Ajudei em diversas topografias, mas não fui o responsável direto pelo processamento dos dados.

No Congresso Internacional de Espeleologia de Budapeste em 1989, pude ver que o TOPGRU estava alinhado com o que havia de melhor de software no mundo, exceto talvez por um programa de um cara genial que conheci ali, Larry Fish. O programa dele já fazia correção de fechamento de poligonais e tinha uma saída gráfica que permitia a visualização das linhas de visada e leituras. Entendia muito do assunto esse rapaz. Uma década depois, já em tempos de Internet (sim, não havia internet na época) ele lançou um software chamado COMPASS, ainda disponível e em desenvolvimento atualmente e certamente uma referência no tema. Palmas para ele!

Em 1990, em uma breve passagem como bolsista do Laboratório de Computação do DEGEO/DEMIN, entre minha especialização e meu curso de doutorado, vi que havia chegado um Plotter A1! A tinta e o papel eram caríssimos, assim que me custou muito convencer a me

In the last months of 1988, when I was completely wrapped up in finishing my Geological Work in order to graduate, a great news arrived at the DEGEO/DEMIN Computer Lab: an A3 size plotter. I quickly created a little program, (TOPPLOT, then PLOTGRU, when I put the two together) and plotted the centerline of the Convento Cave... a great success, but the A3 size was too small to be useful, except for very small caves. However, I was delighted to see the Plotter take the little pen full of ink and go plotting the stations, writing their names, the sight lines, one by one... I was almost hypnotized. I plotted a few copies, but I do not think I kept any (at least I did not find any). I remember giving one to Clayton Lino, when he was preparing to write his great book “Cavernas: o Fascinante Brasil Subterrâneo” and another one to the late Peninha, a great geologist and speleologist who was doing his master's degree in Ouro Preto at the time. In addition, there might be some lost in some dusty SEE file... but it was getting easier. With a bigger plotter it would be possible to do all the plotting work in minutes, besides opening the possibilities to do the whole cave design in AutoCad, which was already starting to emerge as a top software at the time.

At the end of 1988, I graduated and went to Spain to study Hydrogeology the following year, leaving the program running at SEE. There I continued with Speleology, but since surveying caves requires a group of interested people, I ended up staying away from the subject for a while. I helped in several topographies, but I was not directly responsible for the data processing.

At the International Congress of Speleology in Budapest in 1989, I could see that TOPGRU was in line with the best software in the world, except maybe for one program of a great person I met there, Larry Fish. His program already did polygonal closure correction and had a graphical output that allowed the visualization of sight lines and readings. He really knew the subject. A decade later, already in Internet times (yes, there was no Internet at that time) he launched a software called COMPASS, still available and under development today and certainly a reference on the subject. Congratulations on him!

In 1990, in a brief period as a scholarship holder in the DEGEO/DEMIN Computer Lab, between my specialization and my doctoral course, I saw that an A1 Plotter had arrived! The ink and paper were very expensive, so I had a hard time convincing them to let

deixarem usar. De tanto insistir, me concederam o direito de usar uma folha... Eu não podia errar... e não errei, mas não sei onde foi parar aquela única folha. Possivelmente foi jogada fora em alguma limpeza das tranqueiras que a gente acaba acumulando. Finalmente, realmente tinha ficado mais fácil. Mas a vida acabou me envolvendo em outros desafios.

Os anos foram passando e surgiram softwares cada vez melhores e minha carreira e meus compromissos profissionais me afastaram bastante da topografia das grutas. Alguns tempos depois soube pelo Ézio Rubbioli que eles estavam topografando a Toca da Boa Vista e fazendo o mapa totalmente digitalizado. A SEE também estava digitalizando seus mapas em CAD e assim, me dei conta que as coisas realmente tinham ficado mais fáceis para todos. Com o surgimento de tantos e maravilhosos softwares, acessíveis pela novidade Internet, nem mesmo eu sequer cogitei mais em usar o TOPGRU, já que claramente tinha ficado defasado. Na realidade, nem sabia mais se eu tinha o programa.

Em 2016 voltei a me encontrar com a SEE (mais uma ótima geração) em Ibitipoca e descobri que meu olho já não permitia a visada precisa que a bússola Brunton sobre tripé necessita para tirar seu melhor rendimento. Seria um triste fim para um topógrafo de grutas, mas o uso de lupa resultou em que minha aposentadoria não tenha acontecido totalmente. Ainda continuo indo para Ibitipoca com eles sempre que posso, para tentar ajudar em algo.

Em 2017, por conta de uma questão profissional, tive que resolver um problema de topografia (de mina subterrânea, não de gruta) onde vi que se eu ainda tivesse meu antigo código seria fácil de solucionar, com apenas algumas modificações. Mas será que eu ainda o tinha? Felizmente, com minha mania de copiar integralmente os dados do HD do computador antigo em um novo, encontrei no oitavo “nível de antiguidade de HD” tanto o programa quanto os dados daquelas primeiras grutas topografadas nos anos 1980. Rapidamente encontrei um compilador FORTRAN grátis na Internet, ajustei uns pequenos problemas de linguagem (eu ainda me lembrava um pouco do velho FORTRAN 77) e “voilà”... funcionando!! Processar os dados da Gruta Convento demorou menos de um décimo de segundo! O fabuloso mainframe CYBER demorava 12 segundos para processar esses mesmos dados.

Fiz a alteração que queria fazer para resolver aquele problema e me entusiasmei um pouco. Apenas por diversão e curiosidade, programei saídas 3D para CAD e para Google Earth. Pude ver alinha base da Gruta Convento, dessa vez com as leituras e alturas também plotadas no CAD e no Google Earth. Mais de 30 anos depois, realmente, tinha ficado mais fácil!

me use it. After much persistence, they granted me the right to use one sheet... I could not make a mistake... and I did not, but I do not know where that single sheet of paper ended up. Maybe it was thrown away during some cleaning of the junk we end up accumulating. Finally, it had really gotten easier. However, life ended up involving me in other challenges.

The years went by, better and better softwares appeared, and my career and professional commitments kept me away from cave topography. Sometime later I heard from Ézio Rubbioli that they were surveying Toca da Boa Vista and making the fully digitalized map. SEE was also digitizing their maps in CAD and so I realized that things had really gotten easier for everyone. With the advent of so much wonderful software, accessible through the new Internet, I did not even think about using TOPGRU anymore, since it had clearly become outdated. In fact, I did not even know if I had the source code anymore.

In 2016 I met again with SEE (another great generation) in Ibitipoca and discovered that my eye no longer allowed the precise sighting that the Brunton compass needs to get its best result. It would be a sad end for a cave surveyor, but the use of the magnifying glass resulted in my retirement not happening completely. I still keep going to Ibitipoca with them whenever I can, to try to help.

In 2017, due to a professional issue, I had to solve a topography problem (underground mine, not cave) where I saw that if I still had my old code it would be easy to work out, with just a few modifications. But did I still have it? Fortunately, with my habit of copying all the data from the old computer's hard disk into a new one, I found on the eighth “HD seniority level” both the program and the data from those first caves surveyed in the 1980s. I quickly found a free FORTRAN compiler on the Internet, adjusted a few minor language problems (I still remembered some of the old FORTRAN 77) and “voilà”... working! Processing the Convento Cave data took less than a tenth of a second! The fabulous CYBER mainframe took 12 seconds to process that same data.

I made the change I wanted in order to solve that problem and were a little carried away. Just for fun and curiosity, I programmed 3D outputs for CAD and for Google Earth. I could see the base line of Convento Cave, this time with the lateral readings and heights also plotted in CAD and Google Earth. More than 30 years later, it had really gotten easier!

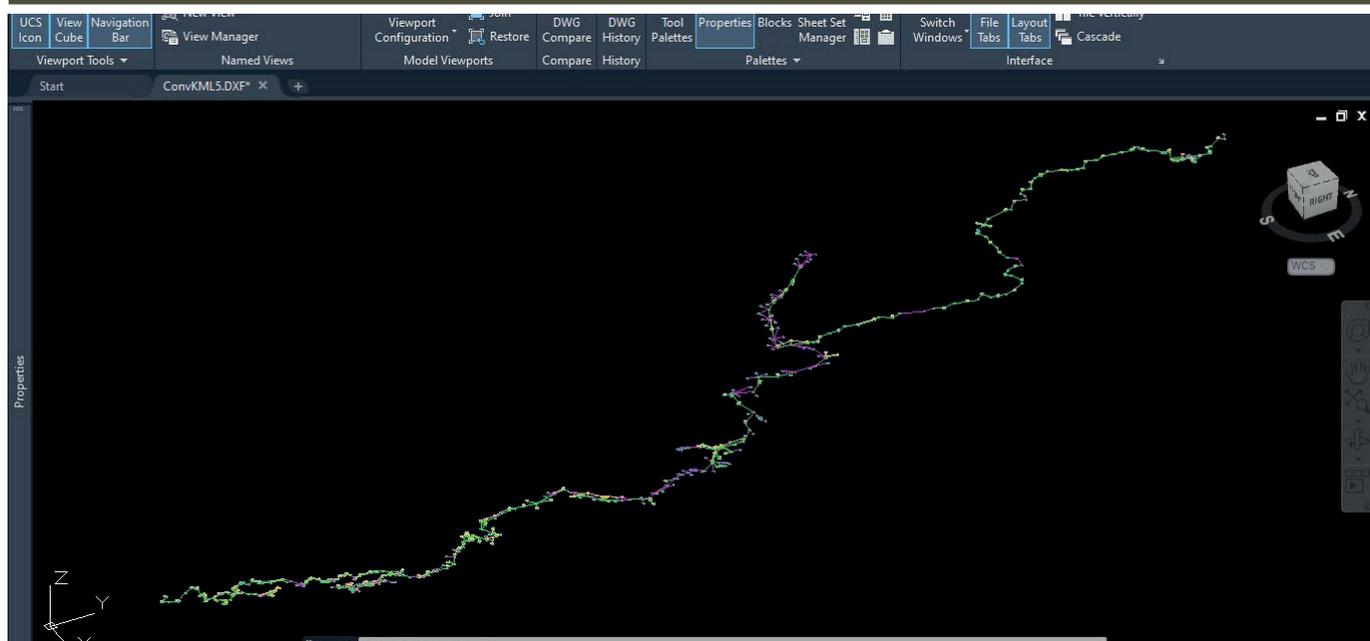


Figura 9: Gruta Convento, Campo Formoso, BA. Trinta anos depois, vista dos seus mais de 9km em perspectiva no CAD.

Figure 9: Convento Cave, Campo Formoso, BA. CAD perspective view of its over 9km, thirty years later.



Figura 10: Gruta Convento e suas entradas vista em 2017 no Google Earth. Dados GPS fornecidos gentilmente fornecidos por André Vieira da SEA - Sociedade Espeleológica Azimute.

Figure 10: Convento Cave and its entrances seen on Google Earth in 2017. GPS data provided by André Vieira from SEA - Sociedade Espeleológica Azimute.

Em meu entusiasmo, cheguei a pensar em preparar o TOPGRU para os novos métodos de mapeamento por fotografia e Lidar, mas estudando um pouco o assunto vi que teria que recomeçar do zero, pois os métodos de programação que utilizei no núcleo do programa lá nos anos 1980, visavam minimizar o uso de memória e maximizar a velocidade. Nem o conceito de Programação Orientada a Objetos havia ainda. Se um programador dos tempos atuais estudar o código, vai ficar horrorizado com as atrocidades computacionais que fiz com o objetivo de reduzir alguns poucos

In my enthusiasm, I even thought about preparing TOPGRU for the new methods of photo mapping and Lidar, but studying the subject a little I saw that I would have to start over from scratch. That is because the programming methods I used in the core of the program back in the 1980s were aimed at minimizing memory usage and maximizing speed. There was not even the concept of Object Oriented Programming yet. If a modern-day programmer studies the code, he will be horrified by the computational atrocities I did with the goal of reducing a few

bytes de uso de memória e ganhar alguns segundos de processamento. E novos compromissos profissionais também eram um problema na disponibilidade de tempo e esforço.

Assim, tudo parecia indicar que o destino do TOPGRU, parecido a tantos outros softwares de topografia de grutas, seria passar à desativação e ao esquecimento total.

Até que veio a COVID19, a quarentena e resolvi estudar um software de topografia de grutas que muito tem se desenvolvido, especialmente após o aparecimento da trena a laser/clinômetro/bússola Disto X: o THERION, que permite de uma maneira consistente, corrigir dados ou ligar grutas com o desenho da gruta já feito, sem ter que refazer tudo de novo. Uma enorme vantagem, especialmente para sistemas de grutas grandes ou numerosos.

Mas, depois de estudar um pouco o software, descobri um PROBLEMA...

O PROBLEMA...

Para estudar o Therion, resolvi utilizar como modelo a Gruta das Casas, em Ibitipoca, MG, uma gruta em quartzito não muito extensa, mas de dimensões notáveis. A SEE tinha me encaminhado gentilmente (obrigado Smigol!) o mapa da gruta em CAD e PDF, assim como as planilhas de topografia escaneadas, que digitei e usei para programar e testar as saídas de CAD e de GoogleEarth do Topgru em 2017. Um excelente exemplo para aprender.

Quando já tinha estudado um pouco e entrado com os dados no THERION, percebi que os fechamentos de poligonal davam erros enormes na altitude. Fui verificar e o THERION entendia que o desnível da Gruta das Casas era de uns 50 metros, enquanto, tanto no mapa quanto nos meus resultados de TOPGRU eram de uns 35 metros.

Para verificar a adequação dos dados, preparei informações topográficas de gruta “falsa”, onde o desnível seria zero e a distância, a direção e altura da gruta seriam únicas, usando a mesma metodologia de levantamento de campo que foi utilizada no mapeamento. Também usei esses dados para executar o COMPASS, para ver o resultado.

bytes of memory usage and gaining a few seconds of processing time. New professional commitments were also a problem in the availability of time and effort.

Therefore, everything seemed to indicate that the fate of TOPGRU would be to be deactivated and forgotten, as so many other cave surveying software.

This was until COVID19, quarantine came along, and I decided to study a cave surveying software that has developed a lot, especially after the advent of the Disto X laser rangefinder/clinometer/compass: THERION, which allows you to consistently correct data or connect caves with the cave design already done, without having to redo everything all over again. A huge advantage, especially for large or numerous cave systems.

However, after studying the software a bit, I discovered a PROBLEM...

THE PROBLEM...

I decided to use the Casas Cave as a model to study THERION, a not very large quartzite cave in Ibitipoca, MG, but of remarkable dimensions. SEE had kindly forwarded me the map of the cave in CAD and PDF (thanks Smigol!), as well as the scanned topography spreadsheets, which I typed up and used to program and test Topgru's CAD and GoogleEarth outputs in 2017. An excellent example for learning.

When I had already studied a little and entered the data into THERION, I realized that the polygonal closures had huge altitude errors. I went to check and THERION understood that the difference in altitude of the Casas Cave was about 50 meters, while on the map and in my TOPGRU results it was only 35 meters.

In order to verify the adequacy of the data, I prepared “fake” cave topographic information, where the gradient would be zero and the distance, direction, and height of the cave would be unique, using the same field survey methodology that was used in mapping. I also used this data to run COMPASS and see the result.

testslope.DAT - Cave Editor 32

File Surveys Heading Shots Block Options Help

Select Survey Edit Heading Edit Survey

#	From	To	Comp	Inc	Tape	Up	Down	Right	Left	Flags	Comment
1	1	2	90,0	-11,5	5,0m	10,0m	1,0m	1,0m	1,0m		
2	2	3	90,0	-11,5	5,0m	10,0m	1,0m	1,0m	1,0m		
3	3	4	90,0	-11,5	5,0m	10,0m	1,0m	1,0m	1,0m		
4	4	5	90,0	-11,5	5,0m	10,0m	1,0m	1,0m	1,0m		
5	5	6	90,0	-11,5	5,0m	10,0m	1,0m	1,0m	1,0m		
6	6	7	90,0	-11,5	5,0m	10,0m	1,0m	1,0m	1,0m		
7											
8											

Figura 11: Dados da gruta falsa (no COMPASS) para testar a horizontalidade das estações.

Figure 11: Fake Cave data (in COMPASS) to test the horizontality of the stations.

Como eu já suspeitava, as estações não estavam em uma mesma horizontal.

As I already suspected, the stations were not on the same horizontal.

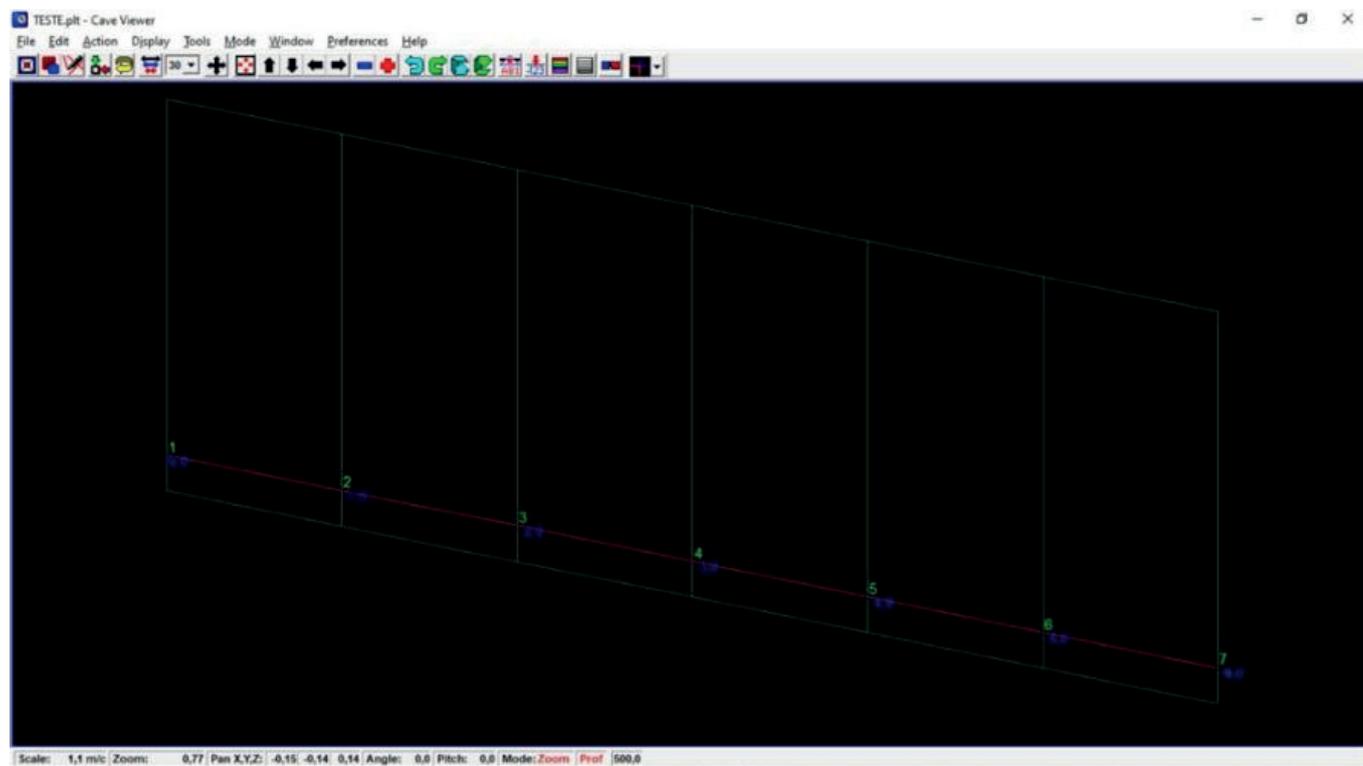


Figura 12: Saída em perfil da “Gruta Falsa” processada pelo COMPASS.

Figure 12: Profile output of the “Fake Cave” processed by COMPASS.

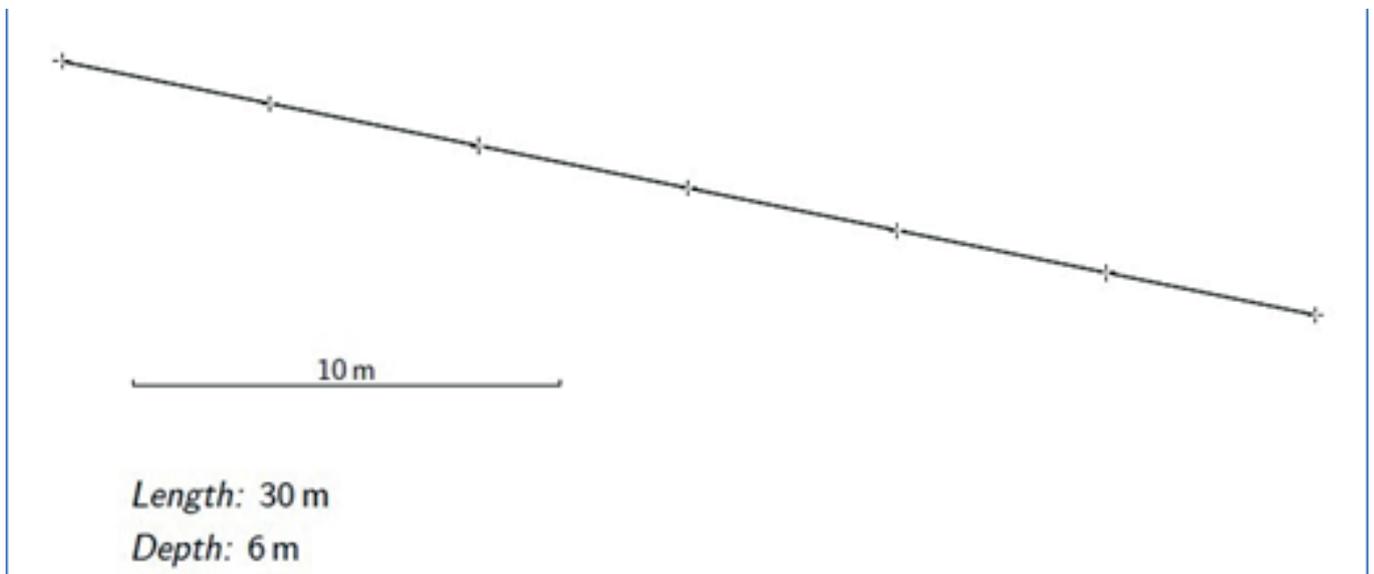


Figura 13: Saída em perfil da “Gruta Falsa”, processada pelo THERION.

Figure 13: Profile output of the “Fake Cave” processed by THERION.

Somente as saídas do TOPGRU forneciam o resultado desejado.

Only the TOPGRU outputs provided the desired result.

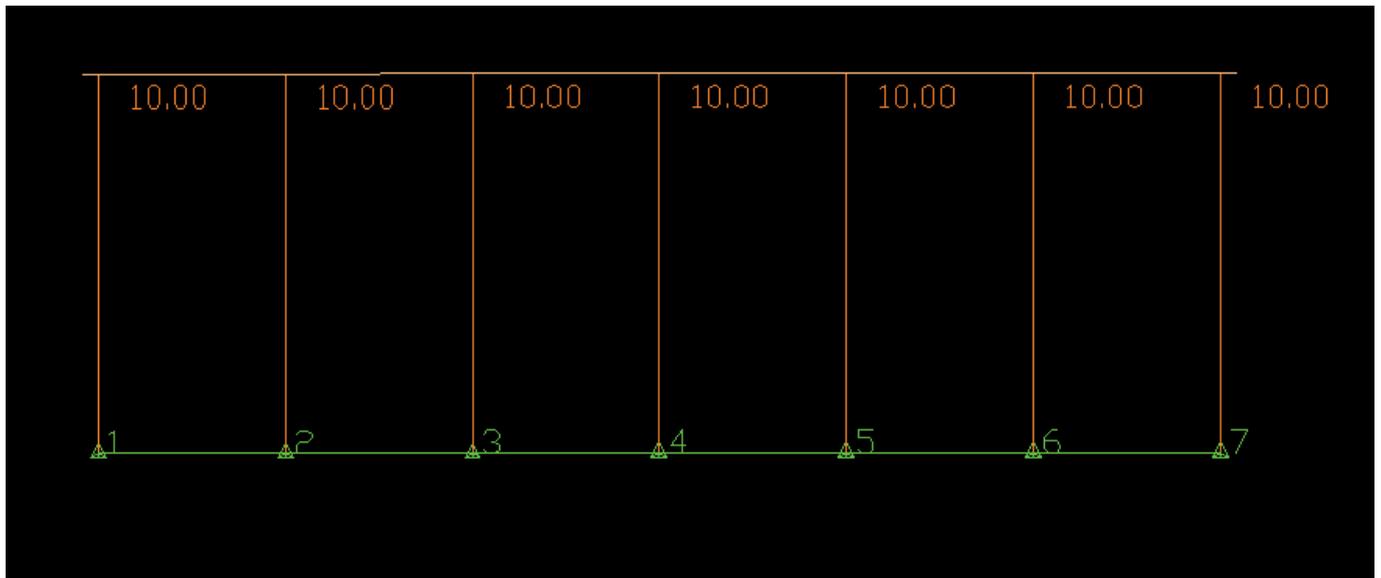


Figura 14: Saída em perfil da “Gruta Falsa”, processada pelo Topgru, saída DXF.

Figure 14: Profile output of “Fake Cave”, processed by Topgru, DXF output.

Fui procurar onde estava a opção do THERION considerar a altura do clinômetro (“down”) no cálculo das coordenadas da estação e não havia essa possibilidade. Nada no COMPASS também. Onde estaria o problema?

I looked for an option for THERION to consider the height of the clinometer (“down”) in the calculation of the station coordinates and there was no such possibility. Nothing in COMPASS either. Where would the problem be?

Há duas maneiras principais de se fazerem visadas no mapeamento de uma gruta (na realidade uma é uma simplificação da outra). Uma é fazendo que as alturas medidas na estação base e na estação visada sejam iguais, geralmente um espeleólogo visando outro. Ou seja, observador e observado tem que estar a uma distância vertical igual sobre a projeção vertical da estação no chão.

There are two main ways of sighting when mapping a cave (one is actually a simplification of the other). One is to make sure that the heights measured at the base station and the target station are equal, usually by one speleologist aiming at another. In other words, observer and observed have to be at an equal vertical distance above the vertical projection of the station on the ground.

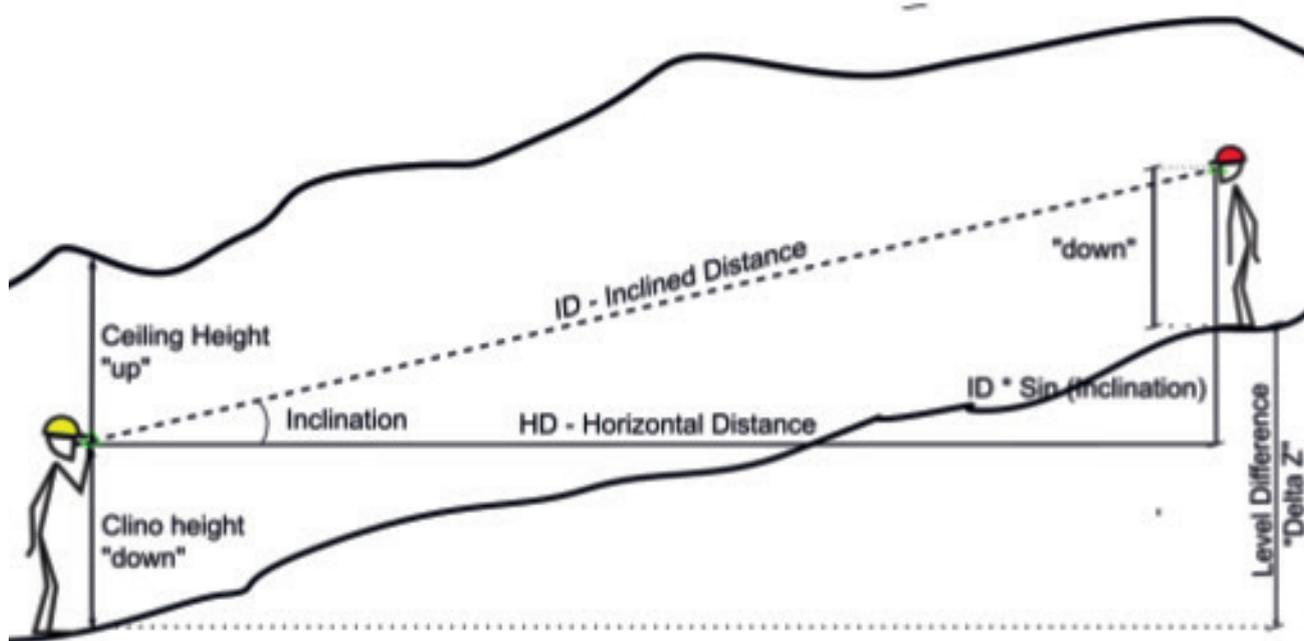


Figura 15: Visada de um espeleólogo ao outro. Notem que a “estação topográfica” é considerado como um ponto suspenso no ar (triângulo verde).

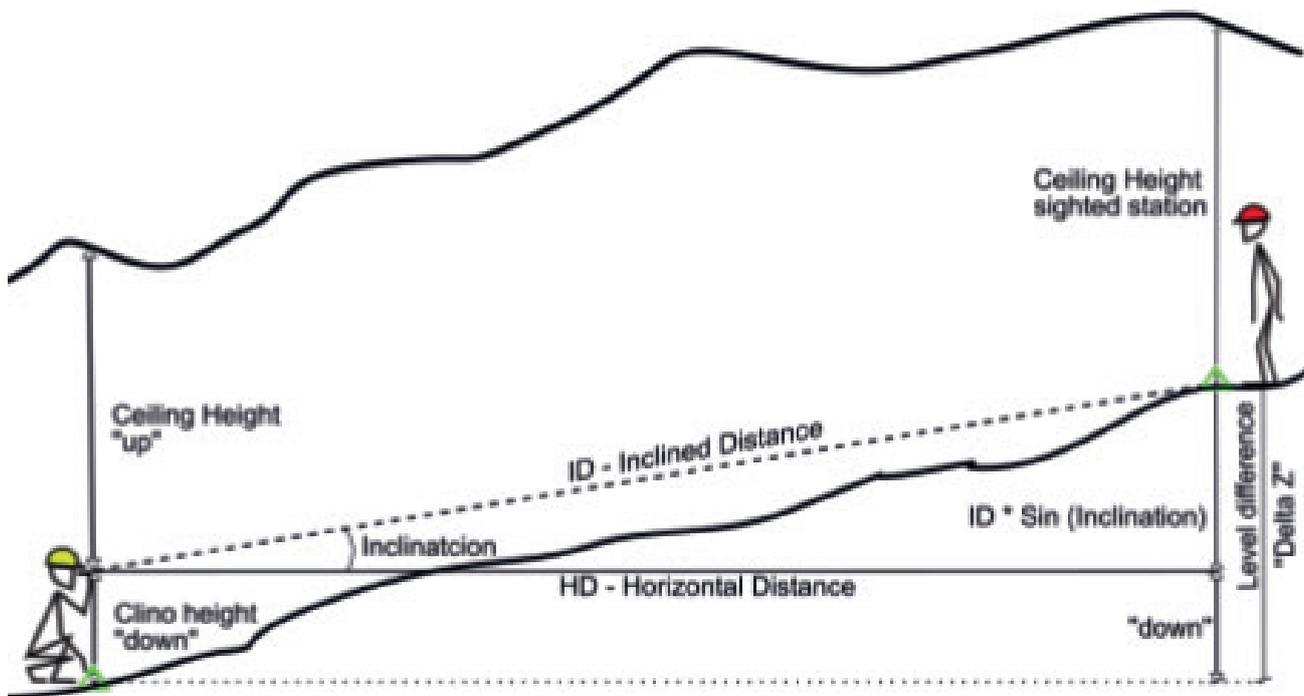


Figura 16: Visada de um espeleólogo a um ponto fixo, geralmente o chão. Notem que as estações (triângulos verdes) sempre estão no chão.

Quando fui programar o TOPGRU lá em meados dos anos 1980, devido à já existente tradição de mapeamento de precisão e detalhe da SEE, preferi seguir os conceitos da topografia tradicional por teodolito onde as coordenadas das estações sempre são referenciadas ao chão. Essa opção vem da possibilidade de se trabalhar com alturas diferentes entre observador e observado. No caso da estação visada não situar-se no chão esse valor também era medido e incluído no cálculo do desnível real entre as estações.

When I started programing TOPGRU back in the mid 1980s, due to SEE's already existing tradition of precision and detail mapping, I preferred to follow the concepts of traditional theodolite surveying where the station coordinates are always referenced to the ground. This option comes from the possibility of working with different heights between observers and observed. In case the targeted station was not on the ground this value was also measured and included in the calculation of the real difference in height between the stations.

Os mapeamentos chamados “de bases fixas”, ou seja, com as bases topográficas medidas nas paredes das grutas (e muitas vezes marcadas com tinta a óleo em vários países europeus) seguem a mesma lógica dos casos anteriores, não sendo em nada diferentes matematicamente na hora de analisarem-se erros e cotas.

Quando comecei minha vida de espeleólogo na SEE, já era usada a metodologia de mapeamento usando bússola de geólogo Brunton (cujo nome real é Teodolito Compacto) e visadas no chão. Como os cálculos de desnível eram feitos à mão praticamente no mundo inteiro, não fazia muita diferença, era apenas uma subtração a mais a fazer, que se fazia até mesmo de cabeça.

Especialmente na tradição europeia (em boa parte também na americana), convencionou-se que a visada deveria ser medida na mesma altura na base e na visada. Na tradição da SEE, ao menos desde o início dos anos 1980, no entanto, a visada sempre foi realizada preferencialmente no chão e, caso não o fosse, era anotada e computada nos cálculos de desnível. Isso permitia que enquanto o operador de instrumentos medisse azimute e inclinação na lanterna (ou vela) deixada no chão, o “ponta-de-trena” já estivesse fazendo as leituras de visada (de “ré”), explorando a gruta nas imediações e já escolhendo o melhor local para a próxima estação. Ganho de tempo e de precisão. Mas isso faz muita diferença?

Na minha experiência, especialmente em condutos de maior declive ou em entradas apertadas a partir de condutos altos é praticamente impossível de manter-se o posicionamento da altura do alvo visado e o posicionamento das bases com a precisão desejada. Essas diferenças podem situar-se na casa de alguns decímetros por estação. Especialmente quando a bússola é mantida sobre tripé, como no caso de mapeamentos de precisão usando a bússola de geólogo Brunton, há a necessidade de levar-se outro tripé onde possa ajustar-se a altura do alvo exatamente àquela da altura de leitura do clinômetro. Em tempos de DistoX, mapeamento fotográfico e levantamentos a laser LIDAR isso pode parecer um pouco anacrônico, mas, especialmente em grutas grandes de desenvolvimento acidentado, pode acabar tornando-se uma diferença significativa.

Não desejo entrar aqui em matemáticas sobre erros topográficos, mas a precisão de uma linha base de mapeamento pode ser encontrada e resumida na precisão do fechamento de poligonais em campo. Ou seja, um mapeamento que tenha uma precisão de 1% significará um erro total (nas três dimensões) de 1 metro a cada 100

The so-called “fixed-base” mappings, i.e. with topographical bases measured on the walls of caves (and often marked with oil paint in several European countries) follow the same logic as the previous cases, and are not at all mathematically different when it comes to analyzing errors and heights.

When I started my life as a speleologist at SEE, the mapping methodology of using a Brunton geologist’s compass (whose real name is Compact Theodolite) and sighting on the ground was already in use. Since level difference calculations were done by hand pretty much all over the world, it did not make much difference, it was just one more subtraction to make, which you even did in your head.

Especially in the European (and also to a large extent in the American) tradition, it was agreed that the sighting should be measured at the same height at the base and at the sighting point. Nevertheless, in the SEE tradition, at least since the early 1980s, the sighting was performed preferably on the ground, and if not, it was noted and computed in the contour calculations. This allowed that while the instrument operator was measuring azimuth and slope in the flashlight (or candle) left on the ground, the “spotter” was already taking sight readings, exploring the nearby passages and choosing the best location for the next station. A gain in time and accuracy. However, does it make much difference?

In my experience, especially in steep conduits or at tight entrances from high conduits, it is almost impossible to keep the target height position and the bases position accurate. These differences can amount to a few decimeters per station. Especially when the compass is held on a tripod, as in the case of precision mapping using Brunton’s geologist’s compass, there is a need to carry another tripod where the target height can be set exactly to the clinometer reading height. In times of DistoX, photographic mapping, and laser LIDAR surveys this may seem a bit anachronistic, but, especially in large caves with rugged development, it can turn out to be a significant difference.

I do not want to go into the mathematics of topographical errors here, but the accuracy of a mapping baseline can be found and summarized in the accuracy of the polygonal closure in the field. In other words, a mapping that has an accuracy of 1% will mean a total error (in all three dimensions) of 1 meter for every 100 meters of sight distance summation. Some more conscientious surveyors separate planimetric and altimetric error. When we analyze these figures in the

metros de soma das distâncias das visadas. Alguns topógrafos mais conscientes separam o erro planimétrico e o altimétrico. Quando analisamos esses números no caso de levantamentos feitos na mesma altura entre estações base e visada, geralmente o erro altimétrico é bem superior ao planimétrico, possivelmente em parte devido a essa imprecisão na manutenção da mesma altura de medição. Mas quando essa precisão maior é necessária?

A topografia subterrânea é uma mistura de matemáticas (trigonometria, especificamente) com arte. A parte matemática refere-se a esse conjunto de dados medidos com equipamentos (bússola, clinômetro e trena quase sempre) e ao processamento desses dados. A parte artística refere-se à interpretação visual no desenho do croquista de onde estão as paredes, chão e teto das grutas e os outros pontos notáveis que entram no mapa (espeleotemas, sedimentos, contornos de chão e teto e assim por diante). A parte matemática pode ser aferida pelo erro de fechamento de poligonais (entre outros métodos) enquanto a parte artística é essencialmente interpretativa, dependendo muito dos olhos e experiência de quem está desenhando.

Lembro-me quando ensinávamos mapeamento a grupos de novatos, todos os croquis (desenhos de planta baixa, cortes transversais e perfis longitudinais) eram parecidos, mas diferentes. E todos eles certos e errados. Na realidade, não há “certo” e quase não há “errado” na parte artística e há uma relação bem grande com aquilo que quem está desenhando procura ressaltar melhor. Especialmente em condutos acidentados, de seção e perfis irregulares e inclinados era comum ver em condutos de aproximadamente 10 metros de largura, diferenças de até dois metros na largura entre paredes desenhadas entre uma planta baixa e outra. Ambas certas. O que amarra esse conjunto de desenhos é exatamente a parte matemática.

Desse modo importa muito o desenvolvimento (soma das distâncias entre estações da linha-base de uma topografia) da gruta. Para uma grutinha de 20 metros, tanto faz fazer a topografia com um teodolito ou com a bússola comprada no camelô da esquina: ambas vão dar erros inferiores à precisão artística do desenho. Para uma gruta de 1 km, numerosas no Brasil, uma diferença de topografia com precisão de Grau UIS 6 (1% de erro) e outra de Grau 4 (5%) pode levar o erro de 10 m para 50m. E isso importa?

A necessidade de precisão de uma topografia subterrânea depende muito da finalidade do mapeamento. Para mover-se na gruta, ver como é seu interior, fazer planejamentos de acesso, importam muito mais o grau de detalhamento da topografia do que a sua precisão. Mas se você tem outros objetivos, a possível resposta pode depender intrinsecamente dessa precisão. Sou hidrogeó-

case of surveys made at the same height between base and sighting stations, generally the altimetric error is much greater than the planimetric one, possibly in part due to this inaccuracy in maintaining the same measurement height. However, when is this higher accuracy needed?

Underground topography is a mixture of mathematics (trigonometry, specifically) and art. The mathematical part refers to that set of data measured with equipment (compass, clinometer, and tape measure) and the processing of that data. The artistic part refers to the visual interpretation in the sketch of where the caves walls, floor and ceiling are and the other notable points that go into the map (speleothems, sediments, and so on). The mathematical part can be gauged by polygonal closure error (among other methods) while the artistic part is essentially interpretive, depending a lot on the eye and experience of the person who is drawing.

I remember when we taught mapping to groups of beginners, all the sketches (drawings of floor plans, cross-sections and longitudinal profiles) looked alike, but were different, and were all right and wrong. In reality, there is no “right” and almost no “wrong” in the artistic part and there is a very big relationship with what the designer is trying to emphasize best. Especially in hilly conduits, with irregular and inclined sections and profiles, it was common to see in conduits about 10 meters wide, differences of up to two meters in width between walls drawn between one floor plan and another. Both are correct. What ties this set of drawings together is exactly the mathematical part.

In this way, the development (sum of the distances between stations on the base line of a topography) of the cave is very important. For a 20-meter cave, it does not matter whether the topography is made with a theodolite or with a compass bought at the corner market: both will give errors lower than the artistic precision of the drawing. For a 1 km cave, numerous in Brazil, a surveying difference with a precision of UIS Grade 6 (1% error) and another of Grade 4 (5%) can take the error from 10 m to 50m. Does it matter?

The need for accuracy of a subterranean topography depends very much on the purpose of the mapping. For moving around in the cave, seeing what it looks like inside, making access plans, the detail degree of the surveying matters much more than its accuracy. However, if you have other goals, the possible answer may depend intrinsically on that accuracy. I am a

logo e muitas das respostas que almejo ter em um mapeamento subterrâneo referem-se ao nível de água. Outros problemas que tive profissionalmente já foram respondidos, ou não, por questões de precisão de topografia. Dou uns exemplos.

- Essa nascente está relacionada com aquele sumidouro daquela gruta? (não estava, pois a nascente estava acima do sumidouro)
- Qual o gradiente hidráulico desse sistema cárstico? (importante para verificar se rebaixamentos de nível de água causados por poços ou galerias vão afetar ou não o sistema hídrico da gruta).
- A Gruta A pode estar conectada com a Gruta B? Em caso positivo, em qual lugar buscar conexões ou claraboias? (numerosas vezes me deparei com essas perguntas)
- Este lago está na mesma cota daquele dentro da gruta? Vale a pena tentar mergulhar para fazer essa conexão? (não valia a pena)
- O traçado da estrada X vai passar sobre a Gruta C? Em caso positivo, qual é a espessura de rocha que existe entre o teto da gruta e a superfície? (o traçado da estrada foi alterado).

Consigo pensar em mais um monte de casos, mas para não ficar mais cansativo do que já está este texto, paro por aqui. Mas e a solução para esse problema de diferença metodológica?

A SOLUÇÃO...

Desde o começo dos anos 1980 a SEE vem mapeando grutas em todo o Brasil pelo método de usar bússola Brunton sobre tripé com visada na estação sobre o chão, ou anotada qual é a altura da visada. Por um tempo também usou bússola e clinômetro Suunto, de 1996 até algum momento em que a bússola deixou de funcionar a contento. A grande maioria desses dados, brutos e tratados, certamente seguem na sua tradicional sede na Escola de Minas de Ouro Preto, além dos próprios mapas das grutas.

hydrogeologist, and many of the answers I aim to get in a subsurface mapping concern the water level. Other problems that I have had professionally have been answered, or not, by surveying accuracy issues. I'll give a few examples.

- *Is this spring related to that sinkhole in that cave? (it wasn't, because the spring was above the sinkhole)*
- *What is the hydraulic gradient of this karstic system? (important to check whether or not lowering of the water level caused by wells or galleries will affect the cave's hydric system).*
- *Can Cave A be connected to Cave B? If so, where to look for connections or openings? (I faced these questions numerous times)*
- *Is this lake at the same level as the one inside the cave? Is it worth trying to dive to make this connection? (It was not worth it)*
- *Will the route of road X go over C Cave? If so, how thick is the rock between the cave roof and the surface? (the route of the road was changed).*

I can think of a lot more cases, but in order not to make this text more tiring than it already is, I will stop here. However, what about the solution to this methodological difference problem?

THE SOLUTION...

Since the early 1980s SEE has been mapping caves all over Brazil using a Brunton compass on a tripod with a sighting station on the ground method, or noting what the sighting height is. For a while, a Suunto compass and clinometer was also used, from 1996 until sometime when the compass stopped working properly. The vast majority of this data, raw and treated, is certainly kept at the traditional headquarters at the School of Mines in Ouro Preto, in addition to the maps of the caves themselves.



Figura 17: Bússola e clinômetro Suunto e GPS Magellan que doei para a SEE em meados dos anos 1990. À direita, bússola de geólogo Brunton, o teodolito portátil, companheira de tantos mapeamentos.

Figure 17: Suunto compass and clinometer and Magellan GPS that I donated to SEE in the mid-1990s. On the right, Brunton's geologist's compass, the portable theodolite, companion of so many mappings.

Muitas vezes descobertas de novas grutas que possam ter conexão a uma gruta já mapeada, de novas galerias, de uma nova entrada (um novo ponto de GPS permite a correção das poligonais em grutas grandes) ou mesmo a comprovação de ocasionais equívocos na topografia anterior, podem fazer necessária adição ou revisão de mapas já prontos. Esse é um processo muito trabalhoso e extremamente chato, no sistema tradicional de vetorização dos mapas e perfis em CAD ou qualquer outro programa em que a gruta tenha sido desenhada.

Uma das razões que me levou a estudar o THERION nesta quarentena do COVID 19, foi a notícia que os meninos da SEE (como carinhosamente chamo os atuais membros) haviam descoberto uma gruta a jusante (águas abaixo) da Gruta das Casas, em Ibitipoca, MG, que eu vinha prevendo e procurando já havia algum tempo. Essa gruta em quartzito tem dimensões bastante grandes e um rio subterrâneo ativo, que surge e some em blocos abatidos, aparentemente impenetráveis. Na qualidade de hidrogeólogo sempre desconfiei que haveria uma possibilidade de conexão, especialmente porque há um forte vento entre os blocos do abatimento de jusante. Como fazer para usar os dados existentes do mapeamento dessa gruta, no caso da nova exploração conseguir achar uma passagem entre as duas grutas?

Tive que voltar ao meu velho e bom amigo TOPGRU para encontrar uma solução consistente para essa gruta e para qualquer outra em situação similar: programei uma saída para THERION que fazia a conversão. E mais.

Many times, it can be necessary to make the addition or revision of finished maps. This can occur due to the discoveries of new caves that have a connection to an already mapped cave, discovery of new galleries, of a new entrance (a new GPS point allows the correction of the polygonal in big caves) or even the confirmation of occasional mistakes in the previous topography. This is a very laborious and extremely tedious process, in the traditional system of vectoring the maps and profiles in CAD or any other program in which the cave has been drawn.

One of the reasons that led me to study THERION in this quarantine of COVID 19, was the news that the SEE boys (as I affectionately call the current members) had discovered a cave downstream of Casas Cave in Ibitipoca, MG. One that I had been anticipating and looking for some time. This quartzite cave has quite large dimensions and an active underground river, which appears and disappears in seemingly impenetrable collapsed blocks. As a hydrogeologist I have always suspected a possible connection, especially since there is a strong wind between the downstream subsidence blocks. How can I use the existing mapping data from this cave, in case the new exploration manages to find a passage between the two caves?

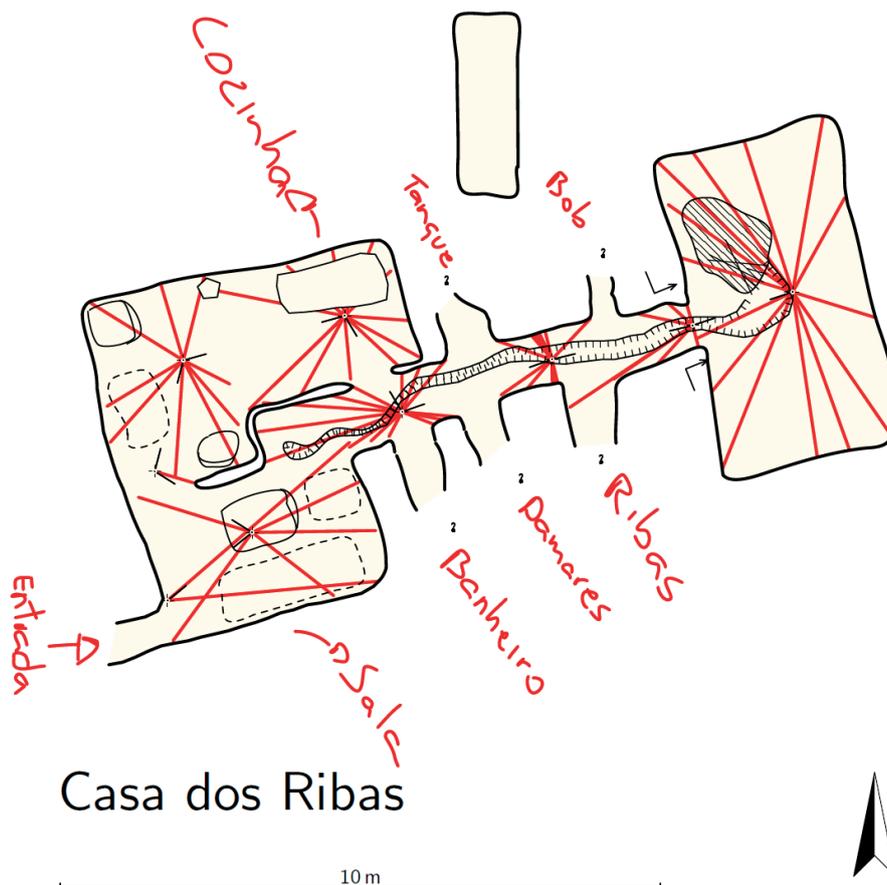
I had to go back to my good old friend TOPGRU to find a consistent solution for this cave and any other cave in a similar situation: I programmed an output to THERION that did the conversion and a lot more.

O Therion está bem atualizado com a utilização dos equipamentos Disto X, comuns na Europa, mas que há bem poucos no Brasil, pois a Trena Laser é suíça, embora se encontre em todo o mundo, inclusive no Brasil. a placa é produzida na República Tcheca, e as baterias nos Estados Unidos ou na China. O usuário ainda tem que ter dotes eletrônicos para soldar tudo junto e adaptar o sistema. Como no Brasil, importar qualquer coisa é bem difícil, seguimos fazendo como sempre fizemos por aqui.

A Disto X, que comumente é utilizada com os programas PocketTopo ou TopoDroid, que permitem o desenho final da gruta enquanto se mapeia, não utiliza leituras (“LRUD”, em inglês, de left, right, up e down) como no mapeamento tradicional, mas radiações (alguns chamam de irradiações; “splay” em inglês). O exemplo abaixo, feito como um teste pelo meu amigo Guilherme Ribas da sua casa, ilustra melhor o uso de radiações.

THERION is well up to date with the use of the Disto X equipment, common in Europe, but not so much in Brazil. The Laser Measure is Swiss, although it can be found all over the world, including Brazil, the board is produced in the Czech Republic, and the batteries in the United States or China. The user still has to have electronic skills to weld everything together and adapt the system. As importing anything in Brazil is very difficult, we kept on doing as we always have.

Disto X, which is commonly used with the PocketTopo or TopoDroid programs that allow the final drawing of the cave while mapping, does not use “LRUD” readings (Left, Right, Up and Down) as in traditional mapping, but radiation. The example below, made as a test by my friend Guilherme Ribas at his home, best illustrates the use of radiation.



Extensão total visadas: 17 m
Desnível: 1 m

Figura 18: Mapeamento da Casa do Ribas, com Disto X.

Figure 18: Mapping of Ribas House, with Disto X.

O THERION, na realidade, só usa as leituras para elaborar seus modelos 3D. Assim que programei a redução das coordenadas das estações para o chão, e a cada linha de visada calculei radiações, em vez das leituras. Isso deu a possibilidade de também usar as leituras da estação visada (leituras de ré, popularmente), coisa que os principais programas não permitem. Usar leituras de ré permite um detalhamento da forma das galerias bastante maior, especialmente quando a estação está em uma curva de uma galeria. Não encontrei nenhuma opção no THERION nem nenhum outro programa que fizesse essa conversão, assim que a fiz.

Assim, ao invés de duas leituras direitas (vante e ré), duas esquerdas, duas alturas do teto (base e visada) e duas alturas de clinômetro (base e visada), temos seis radiações. Quatro substituem as leituras esquerdas e direitas e as outras duas as alturas de teto.

Vejam a seguir os resultados.

THERION only uses the readings to build its 3D models. Therefore, I programmed the reduction of the station coordinates to the ground, and at each line of sight, I calculated radiations instead of readings. This gave the possibility to use the readings from the sighted station, which the main programs do not allow. Using backwards readings allows a much better detailing of the shape of the galleries, especially when the station is on a curve in a gallery. I could not find any option in THERION or any other program that would do this conversion, so I did it.

So instead of two right readings (fore and backwards), two lefts, two ceiling heights (base and sight) and two clinometer heights (base and sight), we have six radiations. Four replace the left and right readings and the other two replace the ceiling heights.

Here are the results.

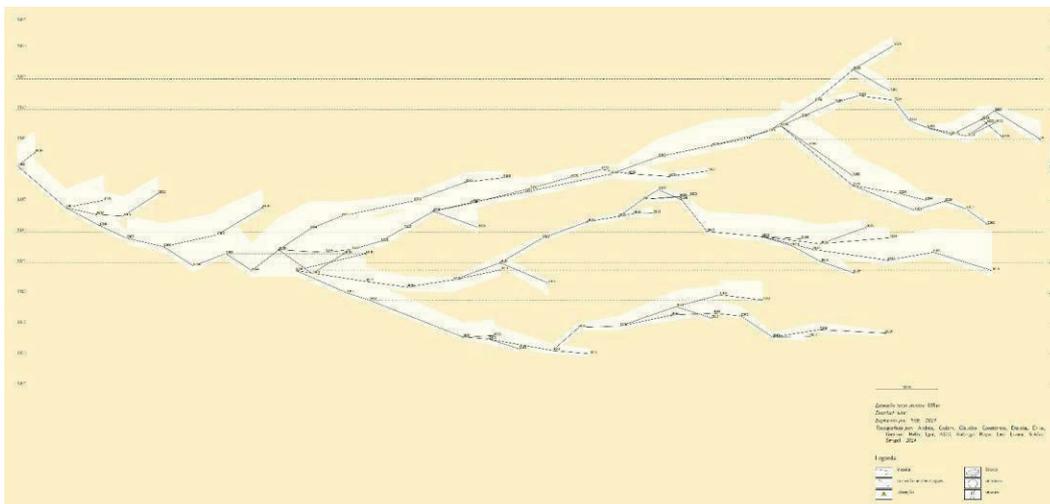


Figura 19: Perfil Retificado da Gruta das Casas, antes do processamento dos dados pelo TOPGRU. Note que o desnível total é de 50 metros, um valor incorreto. As alturas do teto são estimadas pelo modelo calculado pelo Therion a partir dos dados de LRUD (Left, Right, Up, Down).

Figure 19: Rectified profile of Casas Cave, before TOPGRU processed the data. Note that the total height difference is 50 meters, an incorrect value. The ceiling heights are estimated by the model calculated by Therion from the LRUD data.

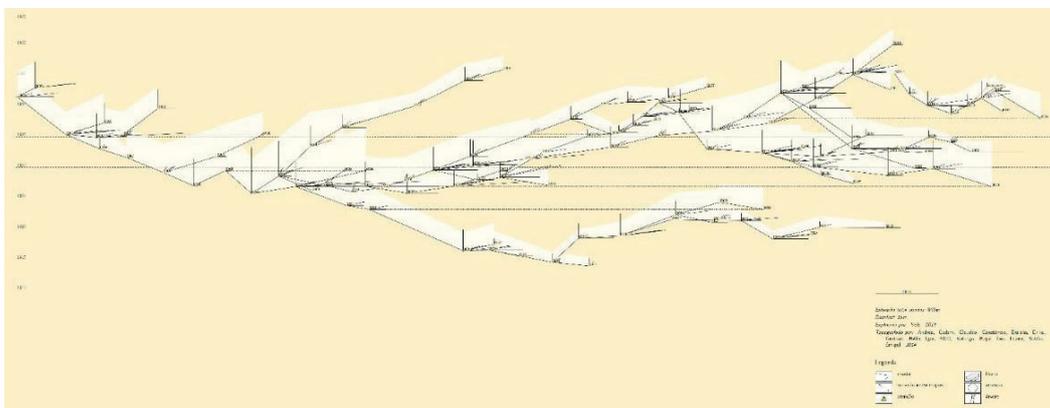


Figura 20: Perfil Retificado da Gruta das Casas, após o processamento dos dados pelo TOPGRU. Observa-se que o valor correto do desnível total é de 36 metros. As alturas do teto são calculadas a partir das radiações.

Figure 20: Rectified profile of Casas Cave, after TOPGRU's data processing. It is noted that the correct value of the total level difference is 36 meters. The ceiling heights are calculated from the radiations.



Figura 21: Detalhe do perfil da Gruta das Casas, antes da correção, Notem as cotas e o posicionamento das estações 200 sobre a 215.

Figure 21: Detail of Casas Cave profile before correction. Note the elevations and the positioning of stations 200 over 215.

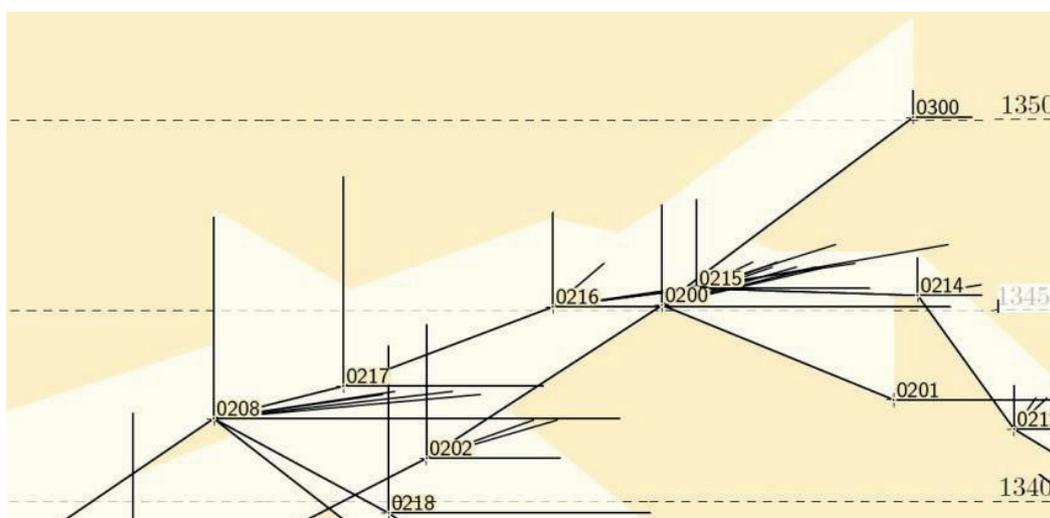


Figura 22: Detalhe do perfil da Gruta das Casas, após a correção e a inserção das radiações. Notem as cotas e o posicionamento das estações 215 sobre a 200.

Figure 22: Detail of Casas Cave profile, after correction and radiation insertion. Note the elevations and the positioning of stations 215 over station 200.

Manter a visualização das radiações enquanto se desenha o contorno da gruta é importante, pois permite uma melhor adequação dos contornos das paredes.

Maintaining radiations view while drawing the outline of the cave is important, as it allows better matching of the wall contours.

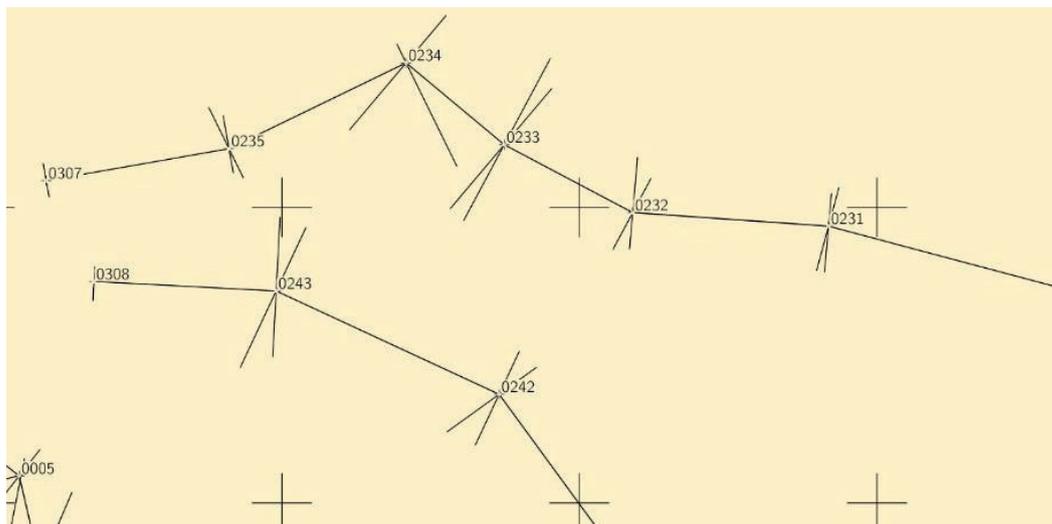


Figura 23: Detalhe da planta baixa de setor da Gruta das Casas com as linhas de visadas do THERION e as leituras de vante e ré como radiações, facilitando o desenho dos contornos das galerias.

Figure 23: Detail of Casas Cave sector floor plan with the THERION sight lines and the fore and backwards readings as radiations, facilitating the drawing of the contours of the galleries.

Os modelos tridimensionais das grutas são gerados pelo THERION e apresentadas pelo programa LOCH, que vem junto com o pacote de download. Por questões de programação interna, estes modelos utilizam dados de radiações, o que resulta em um detalhamento muito maior das superfícies, do que aquele somente com leituras.

The three-dimensional models of the caves are generated by THERION and presented by the LOCH program, which comes with the download package. For internal programming reasons, these models use radiation data, which results in much greater detail of the surfaces than can be obtained from readings alone.

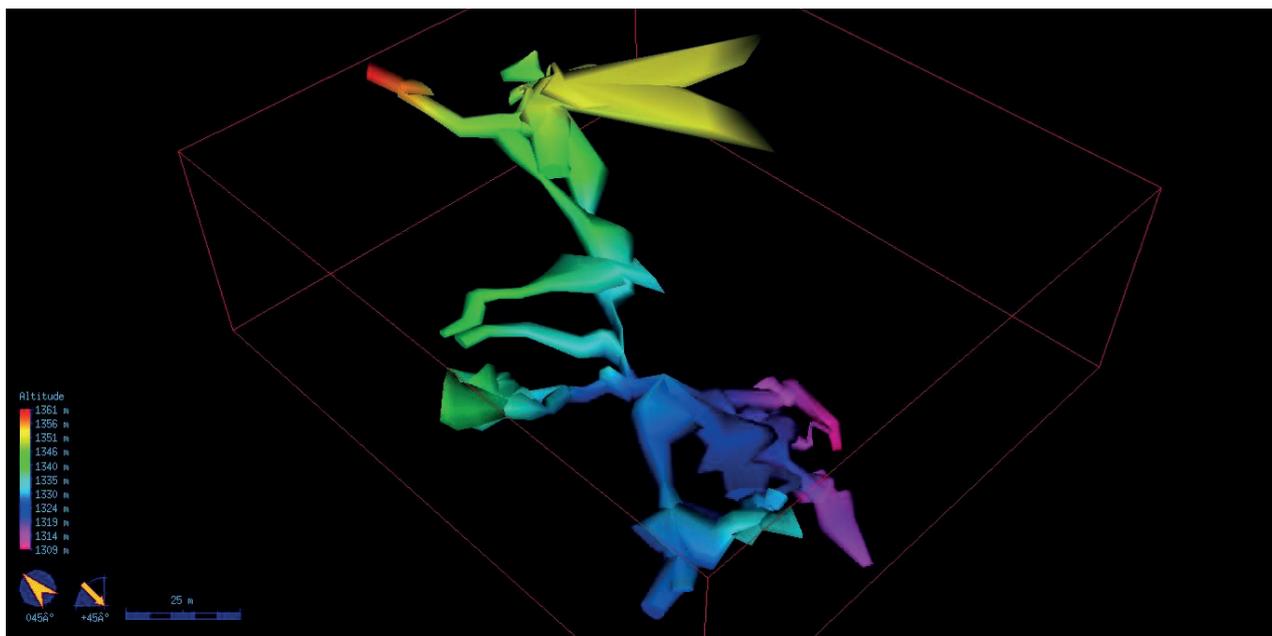


Figura 24: Vista isométrica desde SE da Gruta das Casas, antes da correção e da inserção de radiações pelo TOPGRU.

Figure 24: SE Isometric view of Casas Cave, before correction and radiation insertion by TOPGRU.

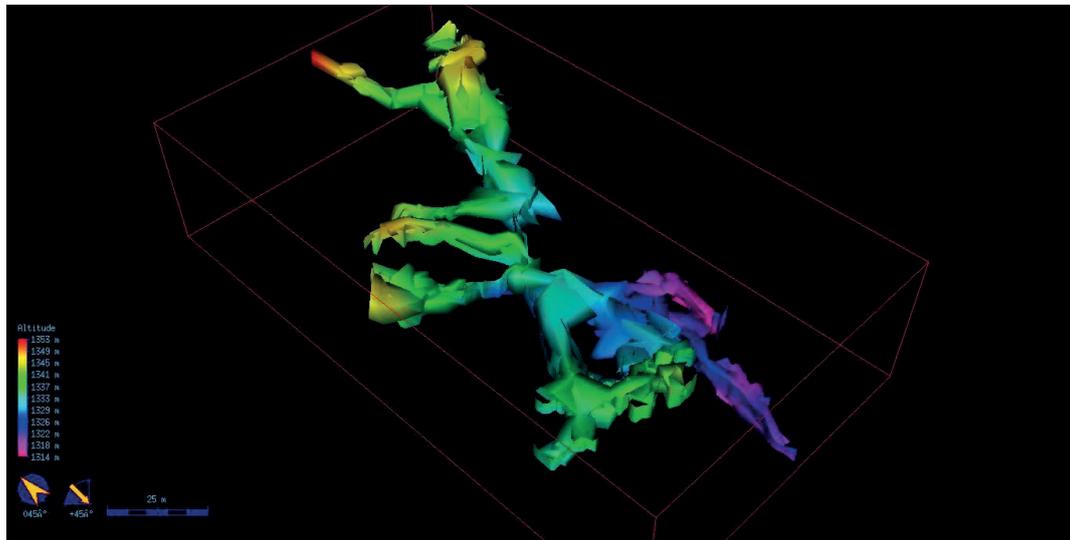


Figura 25: Vista isométrica desde SE da Gruta das Casas, após a correção e a inserção de radiações pelo TOPGRU.

Figure 25: SE Isometric view of Casas Cave, after correction and radiation insertion by TOPGRU.

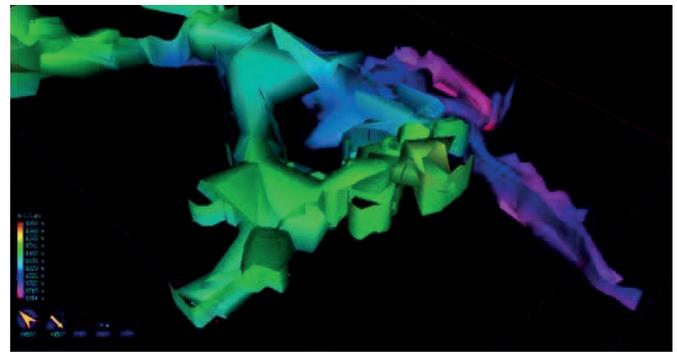
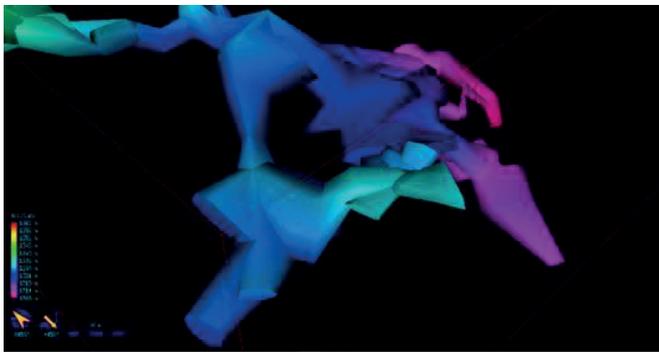


Figura 26: Detalhe da vista isométrica desde SE da Gruta das Casas, antes (esquerda) após (direita) a correção e a inserção de radiações pelo TOPGRU.

Figure 26: Detail of SE Isometric view of Casas Cave, before (left) and after (right) correction and radiation insertion by TOPGRU.

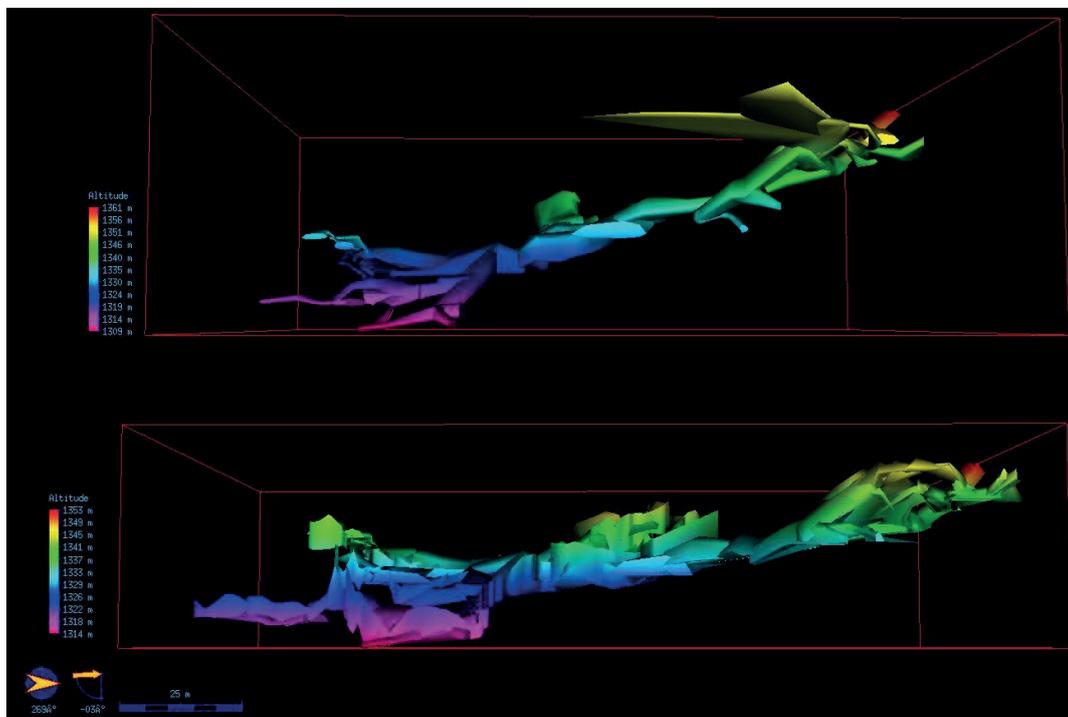


Figura 27: Perfil projetado desde E da Gruta das Casas, antes (Acima) após (Abaixo) a correção e a inserção de radiações pelo TOPGRU

Figure 27: Projected profile of Casas Cave, before (above) and after (below) correction and radiation insertion by TOPGRU.

Em Planta Baixa, as diferenças no desenho são bastante pequenas, pois os diferentes métodos de topografia quase não alteram as distâncias horizontais. De fato, as distâncias encontradas são causadas pela mudança nas coordenadas efetuadas pelas sub-rotinas de correção de poligonais. Os erros de fechamento foram reduzidos à quase metade do anteriormente encontrado antes da correção dos dados pelo TOPGRU.

Reminiscências...

A decisão de tornar público meu velho TOPGRU é que percebi que ainda pode ser útil ao uso geral, ao menos em alguns casos. Sempre disponibilizei a quem me pediu, mas nos últimos anos não fazia o menor sentido usá-lo. Muitas vezes nem eu mesmo o utilizei, já que outros programas são mais completos em muitos aspectos. Essa decisão coincide também com esse período de pandemia e quarentena do COVID-19. Eu jamais teria tempo para fazer as adequações mínimas necessárias ao uso geral do programa. Assim, de uma maneira meio retorcida, pode dizer-se que a publicação do TOPGRU é um filho do coronavírus. Não há mal que para bem não venha...

Sobre o futuro, se algum dia der vontade, talvez eu coloque outros formatos de entrada, talvez a possibilidade de usar-se nomes e não números para as estações (ugh! - já fiz enquanto escrevia este texto) ou talvez nada disso. Ou talvez alguém resolva colocar outra coisa. O código do programa é aberto. O futuro o dirá...

Alguns leitores mais atentos, perceberão que usei a palavra “gruta” ao longo de todo o texto. É sinônimo de caverna, toca, lapa, gruna, furna... A única denominação oficial legalmente reconhecida seria “cavidade natural subterrânea”. Imagina um texto com esses dizeres toda vez? Um desastre estético e linguístico. Gruta para mim está associada à espeleologia, especialmente nos meus inícios dela. É um nome carinhoso e usado nas Minas Gerais onde fui infectado pelo speleovirus. Não é à toa que esse programa é chamado de TOPografia de GRUtas.

Lembro a todas pessoas, espeleólogos ou não, que para proteger-se tem que conhecer-se. Só se pode proteger efetivamente o que se conhece. E a topografia é a primeira e a melhor maneira de se conhecer uma gruta.

Tive ajuda de muita gente ao longo desses anos para que o TOPGRU fosse elaborado. Mesmo sob o risco de não incluir pessoas importantes (35 anos é muito tempo), não posso deixar de citar o Armando Zaupa, o Moacir

Because the different surveying methods hardly change the horizontal distances, the differences in the drawings floor plans are quite small. In fact, the distances found are caused by the change in coordinates made by the polygonal correction subroutines. Closing errors have been reduced to almost half of what was previously found before TOPGRU corrected the data.

Reminiscences...

The decision to make my old TOPGRU public is that I realized that it can still be useful for general use, at least in some cases. I have always made it available to those who asked, but in the last few years it did not make any sense to use it. Many times I did not even use it myself, since other programs are more complete in many aspects. This decision also coincides with this pandemic and quarantine period of COVID-19. I would never have time to make the minimal adjustments necessary for general use of the program. Therefore, in a twisted way, you could say that the publication of TOPGRU is a child of the coronavirus. As the saying goes “Every cloud has a silver lining...”

If some day I feel like it, maybe I will put other input formats, maybe the possibility to use names and not numbers for the stations (ugh! - I already did it while writing this text) or maybe none of that. Alternatively, maybe someone will put something else in. The program code is open. The future will tell.

Some more attentive readers will notice that I have used the word “Grutacave” (cave) throughout the text. It is synonymous with cavern, burrow, “lapa”, “gruna”... The only legally recognized official denomination would be “underground natural cavity”. Can you imagine a text with these words every time? An aesthetic and linguistic disaster. “Gruta” (cave) for me is associated with speleology, especially in my early days of it. It is an affectionate name used in Minas Gerais where I was infected by the speleovirus. No wonder this program is called TOPografia de GRUtas (TOPography of Caves).

I remind all people, speleologists or not, that in order to protect something you have to know it. You can only effectively protect what you know. Moreover, topography is the first and best way to get to know a cave.

I had help from many people along these years for TOPGRU to be elaborated. Even at the risk of not including important people (35 years is a long time), I cannot fail to mention Armando Zaupa, Moacir

Cornetti, o Marcílio (analista de sistemas do Laboratório, não me lembro o sobrenome), o saudoso Wilson “Tonelada” Brunetto”, o Leonel Barros Neto, o Luiz “Lulu” Amore e o Hélio “Jacu” Lazarim nos anos 1980. E mais recentemente, o Syro “Pokapilha” Lacerda, o Bruno “Cedam” Aguiar, o Celso Constâncio, o Pedro “Smigol” Asunção, o Paulo “Tinganei” Lima, o Guilherme Ribas e o José Mota Neto, atual presidente da SEE. Sem essas ajudas, o caminho seria muito mais tortuoso, ou mesmo impossível, para tornar as coisas mais fáceis...

Esse programa começou a ser feito quando eu era membro ativo da Sociedade Excursionista e Espeleológica dos Alunos da Escola de Minas da Universidade Federal de Ouro Preto, a SEE, ou Spé, nome carinhoso para todos nós desde o começo de suas atividades em 1937. Em outras palavras: foi feito pela Spé e para a Spé e ainda hoje sou membro ex-aluno. Assim nada mais justo que a Spé tenha o TOPGRU e faça com ele o que bem entender. Mas eu realmente gostaria que ficasse acessível a todos e que seu código permaneça aberto, mesmo se houver modificações. Mas não é meu para decidir. Mas sei que posso contar com os “meninos” de agora e com os “meninos” do futuro para sempre melhorar.

Viva a Spé!!

Marcelo Taylor de Lima

Sociedade Excursionista e Espeleológica

Desde 1937 estudando grutas.

Mantendo a “head-lamp” acesa.

Cornetti, Marcílio (systems analyst at the Laboratory, I don't remember his last name), the late Wilson “Tonelada” Brunetto”, Leonel Barros Neto, Luiz “Lulu” Amore and Hélio “Jacu” Lazarim in the 1980s. And more recently, Syro “Pokapilha” Lacerda, Bruno “Cedam” Aguiar, Celso Constâncio, Pedro “Smigol” Asunção, Paulo “Tinganei” Lima, Guilherme Ribas, and José Mota Neto, current president of SEE. Without this help, the path would be a lot trickier or even impossible, to make things easier...

This program started when I was an active member of the Excursionist and Speleological Society of the Students of the School of Mines at the Federal University of Ouro Preto, the SEE, or “Spé”, a name dear to us all since the beginning of its activities in 1937. In other words: it was made by Spé and for Spé and even today I am an alumnus member. Therefore, it is only fair that Spé has the TOPGRU and does with it what it wants. Nevertheless, I would really like it to be accessible to everyone and its code to remain open, even if there are modifications. However, it is not mine to decide. Notwithstanding, I know that I can count on the “kids” of now and the “kids” of the future to always improve.

Long live Spé!

Marcelo Taylor de Lima

Excursionist and Speleological Society (SEE)

Since 1937 studying caves.

Keeping the headlamp lighting.

Fluxo editorial:

Recebido em: 28/12/2021

Aprovado em: 04/03/2022



A revista Espeleo-Tema é uma publicação da Sociedade Brasileira de Espeleologia (SBE).

Para submissão de artigos ou consulta aos já publicados visite:

www.cavernas.org.br/espeleo-tema.asp

AS CAVERNAS NO CAMINHO DAS LINHAS DE TRANSMISSÃO DE ENERGIA – UM RELATO SOBRE A DEFESA DO PATRIMÔNIO ESPELEOLÓGICO PARANAENSE

THE CAVES IN THE PATH OF POWER TRANSMISSION LINES - A REPORT ON THE DEFENSE OF PARANÁ'S SPELEOLOGICAL HERITAGE

Rodrigo Aguilar Guimarães (1, 2); Nair Fernanda Burigo Mochiutti (1, 3); Gilson Burigo Guimarães (1, 3); Henrique Simão Pontes (1, 3); Laís Luana Massuqueto (1, 3); Antonio Carlos Foltran (1); Tatiane Ferrari do Vale (1)

(1) Grupo Universitário de Pesquisas Espeleológicas (GUPE), Ponta Grossa -PR.

(2) Universidade Federal do Paraná (UFPR), Curitiba - PR.

(3) Universidade Estadual de Ponta Grossa (UEPG), Ponta Grossa - PR.

Contato: rodrigo98ag@gmail.com

RESUMO

Este trabalho consiste em um relato de experiência do Grupo Universitário de Pesquisas Espeleológicas/GUPE, ainda em desenvolvimento e iniciada em 2019, sobre sua atuação frente ao descumprimento da legislação espeleológica no processo de licenciamento ambiental de linhas de transmissão de energia da empresa ENGIE, no estado do Paraná. Primeiramente pela não apresentação de estudos espeleológicos e posteriormente pela realização de estudos incompletos e deficientes. As ações do GUPE envolveram: trabalho de campo de prospecção espeleológica em um dos setores afetados pelo empreendimento; envio de ofícios de denúncia e alerta ao órgão licenciador, o Instituto Água e Terra/IAT, e ao Ministério Público Estadual; inserção do tema em diferentes mídias e; busca de diálogo, principalmente com o IAT, para uma mudança de postura e procedimento da instituição em relação ao tratamento da questão espeleológica no licenciamento ambiental. Como desdobramentos dessas ações o tema patrimônio cárstico e espeleológico ganhou visibilidade no estado, a empresa teve parte de suas obras temporariamente embargadas, estudos espeleológicos de melhor qualidade foram produzidos, mesmo que pontuais, indicando a existência de dezenas de novas cavidades subterrâneas, além de o traçado inicialmente projetado ter sido alterado, com ajuste do posicionamento de torres e linhas de transmissão de energia. Contudo, ainda há falhas a serem corrigidas nos estudos espeleológicos do referido empreendimento, como também nos de outras atividades e obras em fase de licenciamento ambiental no Paraná, o que evidencia a necessidade de trabalho contínuo de fiscalização e educação patrimonial.

Palavras-Chave: estudo espeleológico, Escarpa Devoniana, linhas de transmissão, ENGIE, cavernas areníticas.

ABSTRACT

This work consists of an experience report started in 2019 and still under development by the University Group for Speleological Research – GUPE. It is about its action against the non-compliance of speleological legislation in the environmental licensing process of power transmission lines of the ENGIE company, in the state of Paraná. First by not presenting speleological studies and later by conducting incomplete and deficient studies. GUPE's actions involved speleological prospection field work in one of the sectors affected by the project, also sending letters of complaint and alert to the licensing agency, the Instituto Água e Terra (IAT), and to the State Public Ministry. In addition to inserting the theme in different media and; seeking dialogue, especially with the IAT, for a change in the institution's stance and procedure regarding the treatment of speleological issues in environmental licensing. Because of these actions, the karstic and speleological heritage theme gained visibility in the state, and the company had part of its works temporarily embargoed. Furthermore, better quality speleological studies were produced, indicating the existence of dozens of new underground caves. This resulted in the initially projected route changing, with adjustments to the positioning of towers and power transmission lines. However, there are still flaws to be corrected in the speleological studies of this project, as well as in other activities and works in the environmental licensing stage in Paraná, which shows the need for continuous inspection and heritage education.

Keywords: speleological study, Devonian Escarpment, transmission lines, ENGIE, sandstone caves.

INTRODUÇÃO

O Grupo Universitário de Pesquisas Espeleológicas (GUPE) é uma instituição criada há mais de 36 anos no município de Ponta Grossa, estado do Paraná, com o objetivo de explorar, estudar e atuar pela conservação de cavernas e de áreas cársticas. Em virtude de seus trabalhos, Ponta Grossa foi alçado à posição do município com maior número de registro de cavernas no estado e o segundo na Região Sul do Brasil, com mais de 200 cavidades conhecidas e 112 cadastradas (SBE, 2021).

Para além dos números, o conhecimento sobre essas cavidades subterrâneas, essencialmente areníticas, também foi sendo ampliado ao longo do tempo, materializado e divulgado na forma de publicações científicas (dentre outros, Melo *et al.*, 2011; 2015; Pontes, 2019; Pontes *et al.*, 2019a; 2019b; 2020; 2021; Massuqueto, 2020; Massuqueto *et al.*, 2021) e diferentes ações junto à sociedade (Pontes & Massuqueto, 2021).

Uma das constatações dos trabalhos do GUPE nos últimos anos foi a potencialidade espeleológica da Escarpa Devoniana e de seu entorno imediato, estrutura de relevo sustentada pelos arenitos da Formação Furnas que delimita a porção leste da região dos Campos Gerais do Paraná. Tal fato tem motivado a prospecção de outros setores do escarpamento para além do município de Ponta Grossa, revelando dezenas de novas cavidades.

Tais descobertas, no entanto, contrastam com um cenário preocupante. Há um número significativo de empreendimentos potencialmente degradadores já instalados ou em fase de implantação no contexto da Escarpa Devoniana que passaram (ou estão passando) pelo processo de licenciamento ambiental, sem apresentação dos estudos espeleológicos legalmente previstos (Brasil, 2004; 2008; 2017; Pontes, 2019). Esta lacuna resulta da omissão quanto a exigência de tais estudos por parte dos órgãos ambientais federal, estadual e municipais competentes que, mesmo quando solicitados, não raro são superficiais e de pouca qualidade, sem atender os requisitos legais. Com isso, muitos empreendimentos estão sendo licenciados e instalados sem o reconhecimento da presença de cavernas e do real comprometimento ao patrimônio espeleológico e cárstico regional.

Um exemplo representativo deste fato é a implantação do Sistema de Transmissão Gralha Azul (STGA), da multinacional ENGIE (ENGIE, 2021). Trata-se de um empreendimento que inclui 10 subes-

INTRODUCTION

The University Group for Speleological Research (Grupo Universitário de Pesquisas Espeleológicas - GUPE) is an institution created more than 36 years ago in the municipality of Ponta Grossa, Paraná State, with the objective of exploring, studying and acting for the conservation of caves and karst areas. Due to its work, Ponta Grossa was elevated to the position of municipality with the largest number of registered caves in the state and the second in the South Region of Brazil, with more than 200 known cavities from which 112 are registered (SBE, 2021).

*Beyond the numbers, the knowledge about these essentially sandstone caves has also been expanded over time, disseminated in the form of scientific publications (among others, Melo *et al.*, 2011; 2015; Pontes, 2019; Pontes *et al.*, 2019a; 2019b; 2020; 2021; Massuqueto, 2020; Massuqueto *et al.*, 2021) and different actions with society (Pontes & Massuqueto, 2021).*

One of GUPE' work findings in recent years was the speleological potential of the Devonian Escarpment and its immediate surroundings, a relief structure supported by the sandstones of the Furnas Formation that delimits the eastern portion of the Campos Gerais region of Paraná. This fact has motivated the prospecting of other sectors of the escarpment beyond the city of Ponta Grossa, revealing dozens of new cavities.

Such findings, however, contrast with a troubling scenario. In the context of the Devonian Escarpment, there is a significant number of potentially degrading enterprises already installed or being implemented. These enterprises have gone through (or are going through) the environmental licensing process, without presenting the legally foreseen speleological studies (Brazil, 2004; 2008; 2017; Pontes, 2019). This gap results from the omission regarding the requirement of such studies by the competent federal, state, and municipal environmental agencies. Even when requested, these studies are often superficial and of poor quality, not meeting the legal requirements. As a result, many enterprises are being licensed and installed without the recognition of the caves presence and the real threat to the regional speleological and karstic heritage.

A representative example of this fact is the implementation of the Gralha Azul Transmission System (GATS), of the multinational ENGIE (ENGIE, 2021). This is an enterprise that includes

tações (entre novas e ampliações) e 15 linhas de transmissão com cerca de 2000 torres que atravessam 27 municípios paranaenses, totalizando pouco mais de 1000 km de extensão (Figura 1). A Escarpa Devoniana e seu reverso imediato são intersectados por este empreendimento nos municípios de Castro, Balsa Nova e Campo Largo.

10 substations (new and extensions) and 15 transmission lines with about 2000 towers that cross 27 municipalities in Paraná, totaling just over 1000 km in length (Figure 1). The Devonian Escarpment and its dip slope are intersected by this project in the municipalities of Castro, Balsa Nova and Campo Largo.

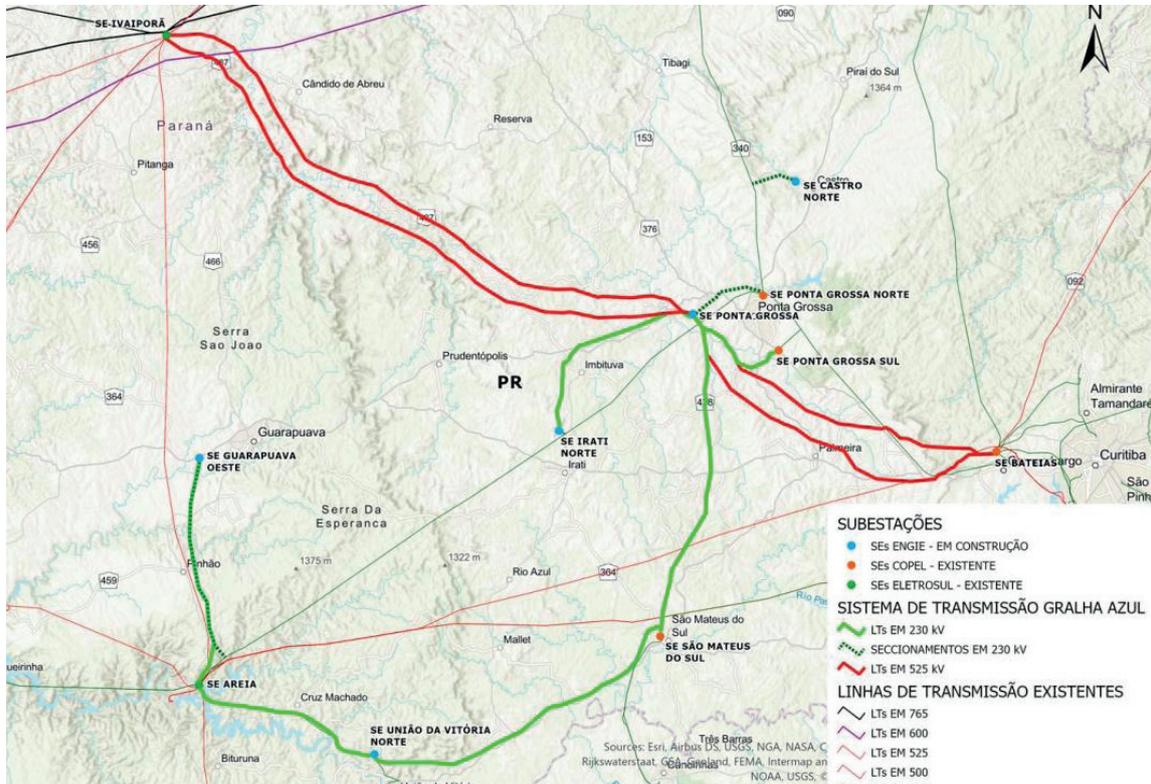


Figura 1: Localização do STGA e indicação dos setores onde as linhas de transmissão cortam a Escarpa Devoniana (círculos pretos). Fonte: ENGIE (2021).

Figure 1: Location of the GATS and indication of the sectors where the transmission lines cut the Devonian Escarpment (black circles). Source: ENGIE (2021).

A ENGIE, que é a maior produtora privada de energia elétrica no Brasil (ENGIE, 2020), venceu um leilão realizado pela Agência Nacional de Energia Elétrica em 2017, obtendo uma concessão de 30 anos, e iniciou os trabalhos de instalação do STGA em 2019. Segundo a empresa, esse é um dos maiores projetos de linhas de transmissão de energia em andamento no país, contando com um investimento da ordem de R\$ 2 bilhões (ENGIE, 2021). Este empreendimento superlativo foi fracionado em grupos menores, independentes, em uma manobra para evitar a necessidade do licenciamento federal perante o Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis (IBAMA). Por esse motivo foi licenciado pelo órgão ambiental estadual, o Instituto Água e Terra (IAT) que, de forma injustificável, não solicitou nos termos de referência dos Estudos de Impacto Ambiental (EIA) os estudos espeleológicos devidos.

ENGIE, which is the largest private producer of electricity in Brazil (ENGIE, 2020), won an auction held by the National Electric Energy Agency in 2017, obtaining a 30-year concession, and began work on the installation of the GATS in 2019. According to the company, this is one of the largest power transmission line projects underway in the country, counting on an investment of around R\$2 billion (ENGIE, 2021). This superlative enterprise was fractionated into smaller, independent groups in a maneuver to avoid the need for federal licensing before the Brazilian Institute for the Environment and Renewable Natural Resources (IBAMA). For this reason it was licensed by the state environmental agency, the Instituto Água e Terra (IAT), which unjustifiably did not request in the terms of reference of the Environmental Impact Studies (EIA) the due speleological studies.

Esta falha foi percebida pelo GUPE, que passou a imprimir esforços por meio de alertas ao IAT e denúncias junto ao Ministério Público do Estado do Paraná (MPPR) para reverter tal situação. O objetivo deste trabalho é relatar essa experiência em defesa do patrimônio espeleológico que se iniciou no ano de 2019 e segue em curso, assim como os desdobramentos das ações realizadas para mais uma etapa da constante luta pela geoconservação das cavernas parananenses.

This failure was perceived by GUPE, which began to launch efforts in the form of alerts to the IAT and complaints to the Public Ministry of the State of Paraná (MPPR) to reverse this situation. The objective of this work is to report this experience in defense of the speleological heritage that began in 2019 and is still ongoing, as well as the unfoldings of the actions carried out for another stage of the constant fight for the geoconservation of Paraná's caves.

A ESCARPA DEVONIANA E SUAS CAVERNAS

A Escarpa Devoniana é um degrau topográfico que, no contexto geomorfológico, separa o Primeiro do Segundo Planalto Paranaense (figuras 2 e 3) e, no geológico, marca a maior parte do limite leste da Bacia do Paraná no estado homônimo (Melo *et al.*, 2007). A adjetivação “Devoniana” faz referência à idade das rochas que sustentam essa estrutura de relevo (os arenitos da Formação Furnas), que datam principalmente do período geológico Devoniano (400 a 420 milhões de anos; Assine, 1999). O escarpamento, por sua vez, é mais recente, iniciando-se no Mesozoico, tendo sua fase principal de esculpura ao longo do Cenozoico (Melo *et al.*, 2007).

THE DEVONIAN ESCARPMENT AND ITS CAVES

The Devonian Escarpment is a topographic step that in the geomorphological context separates the First and Second Paraná Plateau (figures 2 and 3) and in the geological context marks most of the eastern boundary of the Paraná Basin in the state of Paraná (Melo et al., 2007). The adjective “Devonian” refers to the age of the rocks supporting this relief structure (the Furnas Formation sandstones), which date mainly from the Devonian geological period (400 to 420 million years old; Assine, 1999). However, the escarpment process began in the Mesozoic, with its main sculpture phase throughout the Cenozoic (Melo et al., 2007).

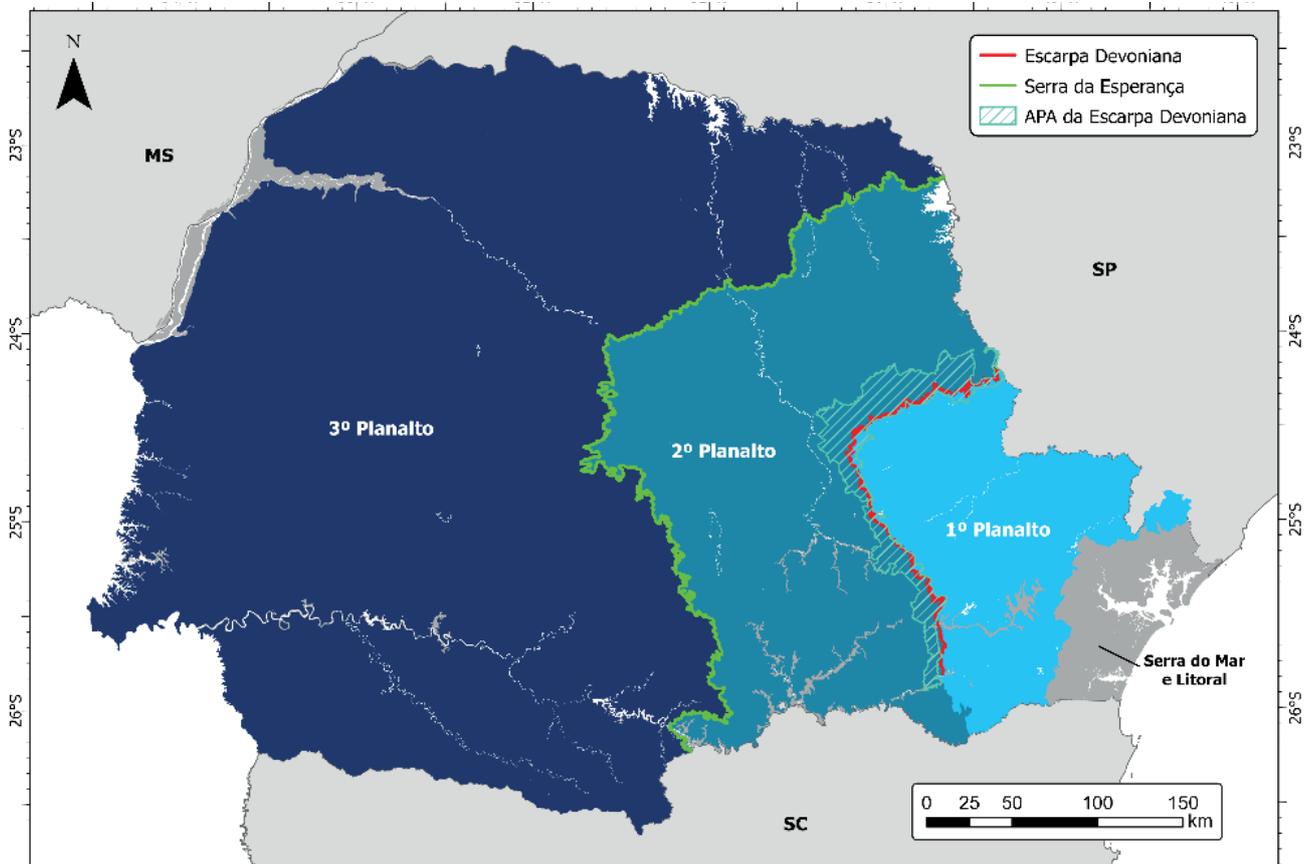


Figura 2: Localização da Escarpa Devoniana e da Área de Proteção Ambiental homônima no estado do Paraná.

Figure 2: Location of the Devonian Escarpment and the Environmental Protection Area (APA) of the same name in the state of Paraná.



Figura 3: Segmento da Escarpa Devoniana no município de Pirai do Sul. Em exposição no paredão os arenitos da Formação Furnas.

Figure 3: Segment of the Devonian Escarpment in the municipality of Pirai do Sul. On the wall, the sandstones of the Furnas Formation.

Na Formação Furnas predominam quartzoarenitos esbranquiçados, de textura principalmente média a grossa, cimentados por caulinita e illita, dispostos em camadas normalmente tabulares, com estruturas sedimentares diversas, em que se destacam estratificações cruzadas de pequeno a médio porte, tabulares a acanaladas. Camadas centimétricas a decimétricas, ora de material siltico-argiloso, ora de natureza conglomerática, podem estar intercaladas aos arenitos (Assine, 1996; 1999; Melo & Giannini, 2007; Milani et al., 2007).

O escarpamento atinge em alguns pontos desníveis de até 300 m e apresenta altitudes normalmente em torno de 1100-1200 m, estendendo-se por cerca de 260 km entre os estados do Paraná e São Paulo (Souza & Souza, 2002). Sua origem se deve à intensa e prolongada ação de processos de erosão diferencial e alternâncias climáticas, sendo sua evolução associada a uma série de fenômenos geodinâmicos endógenos, iniciados com a ruptura do supercontinente Gondwana principalmente no Cretáceo (Souza & Souza, 2002) e o desenvolvimento do Arco de Ponta Grossa.

Segundo Melo *et al.* (2007), a existência dessa escarpa propicia condições para o aparecimento de feições singulares, com relevante interesse estético, científico e econômico em toda a região dos Campos Gerais do Paraná. Para Souza & Souza (2002), a área da Escarpa Devoniana engloba um conjunto de feições geomorfológicas especiais, que apresentam impor-

In the Furnas Formation, whitish kaolinite and illite cemented quartzarenites predominate, with mainly medium to coarse texture. They are arranged in layers that are usually tabular, with several sedimentary structures, in which small to medium tabular and trough cross-bedding stand out. Intercalated to the sandstones sometimes there are centimeters to decimeters layers, of siltic-clayey material, or conglomeratic material (Assine, 1996; 1999; Melo & Giannini, 2007; Milani et al., 2007).

The escarpment extends for about 260 km between the states of Paraná and São Paulo with altitudes around 1100-1200 m reaching in some points levels of up to 300 m (Souza & Souza, 2002). Its origin is due to the intense and prolonged action of differential erosion processes and climatic alternations. Its evolution is associated with a series of endogenous geodynamic phenomena, initiated with the rupture of the Gondwana supercontinent in the Cretaceous (Souza & Souza, 2002) and the development of the Ponta Grossa Arch.

According to Melo et al. (2007), the existence of this escarpment provides conditions for the appearance of unique features, with relevant aesthetic, scientific and economic interest in the entire region of Paraná Campos Gerais. For Souza & Souza (2002), the area of the Devonian Escarpment encompasses a set of special geomorphological features that present important paleo-environmental, stratigraphic, archaeological and speleo-

tantes informações paleoambientais, estratigráficas, arqueológicas e espeleológicas, razão de integrar a lista dos principais sítios geológicos do Brasil desde 2002.

As rochas da Formação Furnas junto à Escarpa Devoniana e seu reverso imediato hospedam uma paisagem que apresenta típico relevo cárstico não carbonático, sendo considerada um hotspot da espeleologia brasileira, com alto potencial para novos registros (CECAV, 2018; Pontes, 2019). Nelas se identificam processos de dissolução, sobretudo do cimento caulínico dessas rochas, mas também do arcabouço quartzoso e do cimento silicioso (Melo & Giannini, 2007; Melo *et al.* 2011; Melo *et al.* 2015; Pontes, 2019). Assim, além de cavernas, o contexto geológico regional apresenta feições cársticas clássicas, como dolinas, sumidouros, ressurgências, relevo ruiforme (com lapiás, pináculos, torres, etc.) (Massuqueto, 2020; Melo *et al.*, 2011; Pontes, 2019).

Os espeleotemas estão entre as feições geológicas de destaque das cavidades areníticas da Escarpa Devoniana e de seu entorno. Eles apresentam dimensões diminutas se comparados aos seus equivalentes em cavernas carbonáticas, mas sua composição química e seu processo de formação são seus diferenciais. De acordo com Pontes (2019) e Pontes *et al.* (2020), a maioria dos espeleotemas é composta por sílica amorfa (opala), sílica criptocristalina e caulinita, mas há ocorrências com gipso e óxidos de ferro amorfo associado com goethita e hematita. Os depósitos são formados pela combinação de processos físicos, químicos e biológicos, o que resulta em seis tipos de morfologias: arborescentes (ou corais), cogumelos, estalactíticos, estalagmíticos, fibrosos e colunares com crescimento horizontal e ascendente (Pontes *et al.*, 2020).

Em relação à fauna cavernícola, além dos invertebrados mais comuns, como aranhas, opiliões, grilos, besouros, zeluros, diplópodes, colêmbolos e dípteros, há registro de uma espécie troglóbia, a primeira do tipo descrita para a Região Sul do Brasil. Trata-se de um crustáceo milimétrico chamado de *Hyaella formosa* (Cardoso *et al.*, 2014), identificado na Caverna das Andorinhas. Morcegos, andorinhões-de-coleira-falha, anuros e serpentes (estas visitantes ocasionais) também podem ser observados nessas cavidades.

Essa função de suporte à fauna típica e especializada evidencia o valor ecossistêmico dessas cavidades, e o que já se conhece indica um alto potencial para ocorrência de novas espécies, potencialmente com endemismo e troglomorfismo. Tal função tem forte dependência do ambiente externo, sobretudo de áreas com vegetação nativa e drenagens criptorreicas, elementos

logical information, which is the reason for its inclusion in the list of the main geological sites in Brazil since 2002.

*The rocks of the Furnas Formation next to the Devonian Escarpment and its dip slope host a landscape that presents typical non-carbonate karstic relief, being considered a hotspot of Brazilian speleology, with high potential for new findings (CECAV, 2018; Pontes, 2019). Dissolution processes were identified, especially of the kaolinitic cement of these rocks, but also of the quartz framework and siliceous cement (Melo & Giannini, 2007; Melo *et al.* 2011; Melo *et al.* 2015; Pontes, 2019). Thus, in addition to caves, the regional geological context presents classic karst features, such as dolines, sinkholes, resurgences, limestone pavement (Massuqueto, 2020; Melo *et al.*, 2011; Pontes, 2019).*

*Speleothems are among the outstanding geological features of the sandstone caves of the Devonian Escarpment and its surroundings. They are small in size compared to their carbonate counterparts, but their chemical composition and formation process are their distinguishing features. According to Pontes (2019) and Pontes *et al.* (2020), most speleothems are composed of amorphous silica (opal), cryptocrystalline silica and kaolinite, but there are occurrences with gypsum and amorphous iron oxides associated with goethite and hematite. The deposits are formed by a combination of physical, chemical, and biological processes, resulting in six types of morphologies: arborescent (or coral), mushroom, stalactitic, stalagmitic, fibrous, and columnar with horizontal and upward growth (Pontes *et al.*, 2020).*

*Regarding the cave fauna, besides the most common invertebrates, such as spiders, opiliones, crickets, beetles, zelurids, diplopods, collembola and diptera, there is a record of a troglitic species, the first of its kind described for the Southern Region of Brazil. It is a millimetric crustacean called *Hyaella formosa* (Cardoso *et al.*, 2014), identified in the Cave of Andorinhas. Bats, swifts, anurans and snakes (occasional visitors) can also be observed in these caves.*

This support function to the typical and specialized fauna highlights the ecosystem value of these cavities, and what is already known indicates a high potential for the occurrence of new species, with possible endemism and troglomorphism. This function has a strong dependence on the external environment, especially on areas with native vegetation and cryptorheic drainages, elements that guarantee the health and equilibrium of the underground environment. In

que garantem a saúde e equilíbrio do ambiente subterrâneo. Além disso, as cavernas em questão possuem valor geossistêmico, pois constituem locais preferenciais para a recarga do Aquífero Furnas, um notável manancial de águas subterrâneas regional de grande vazão e qualidade química (Melo *et al.*, 2015).

Associados a várias das cavidades, principalmente abrigos, também ocorrem sítios arqueológicos com pinturas rupestres e gravuras no substrato rochoso, além de materiais cerâmicos e líticos, registros com idades que podem alcançar 10 mil anos e estão ligados aos povos originários em território paranaense (Parellada, 2015; Lopes *et al.*, 2017).

Atualmente, de acordo com dados levantados pelo GUPE, são conhecidas 401 cavidades naturais nos setores de ocorrência das rochas da Formação Furnas, área denominada por Pontes *et al.* (2021) como Região Cárstica dos Campos Gerais (Figura 4). Entretanto, ainda há várias áreas com alta probabilidade de existência de cavernas a serem exploradas. Conforme apontado por Pontes *et al.* (2021), com base em cálculos do potencial espeleológico estimado (PEE) para toda esta região cárstica (que inclui as áreas de afloramento das rochas da Formação Furnas nos estados do Paraná e São Paulo), existe o potencial para a presença de nove mil cavernas para esta região.

CONTEXTO PRÉVIO

Graças às peculiaridades da geodiversidade associada à Escarpa Devoniana, mas também pela expressiva presença de duas fitofisionomias pertencentes ao Bioma Mata Atlântica, a Floresta Ombrófila Mista (ou Floresta com Araucárias) e os Campos Nativos (secos e brejosos), além dos relictos mais meridionais de Cerrado, o poder público estadual criou em 1992 a Área de Proteção Ambiental (APA) da Escarpa Devoniana, a maior Unidade de Conservação (UC) do Paraná, com 392 mil hectares (Figura 2).

In addition, the caves in question have geosystemic value, since they are preferred sites for recharging the Furnas Aquifer, a remarkable regional groundwater source of great flow and chemical quality (Melo et al., 2015).

Associated with several of the caves and shelters, archaeological sites occur with cave paintings and engravings on the rock substrate. In addition to ceramic and lithic materials, records with ages that can reach 10 thousand years and are linked to the original peoples in Paraná territory (Parellada, 2015; Lopes et al., 2017).

According to data collected by GUPE, currently there are 401 natural caves known in the sectors of occurrence of the Furnas Formation rocks, an area designated by Pontes et al. (2021) as the Campos Gerais Karstic Region (Figure 4). However, there are still several areas with high probability of cave occurrence yet to be explored. As pointed out by Pontes et al. (2021), based on calculations of the estimated speleological potential for this entire karstic region (which includes the outcropping areas of the Furnas Formation rocks in the states of Paraná and São Paulo), there is the potential for the presence of nine thousand caves.

PRIOR CONTEXT

In 1992, the state government created the Environmental Protection Area (APA) of the Devonian Escarpment, the largest Conservation Unit (CU) in Paraná, with 392 thousand hectares (Figure 2). That is due to the peculiarities of the geodiversity associated with the Devonian Escarpment, but also to the significant presence of two phytophysiognomies belonging to the Atlantic Forest Biome, the Mixed Ombrophylous Forest (or Araucaria Forest) and the Native Fields (dry and marshy), besides the southernmost relicts of Cerrado Biome.

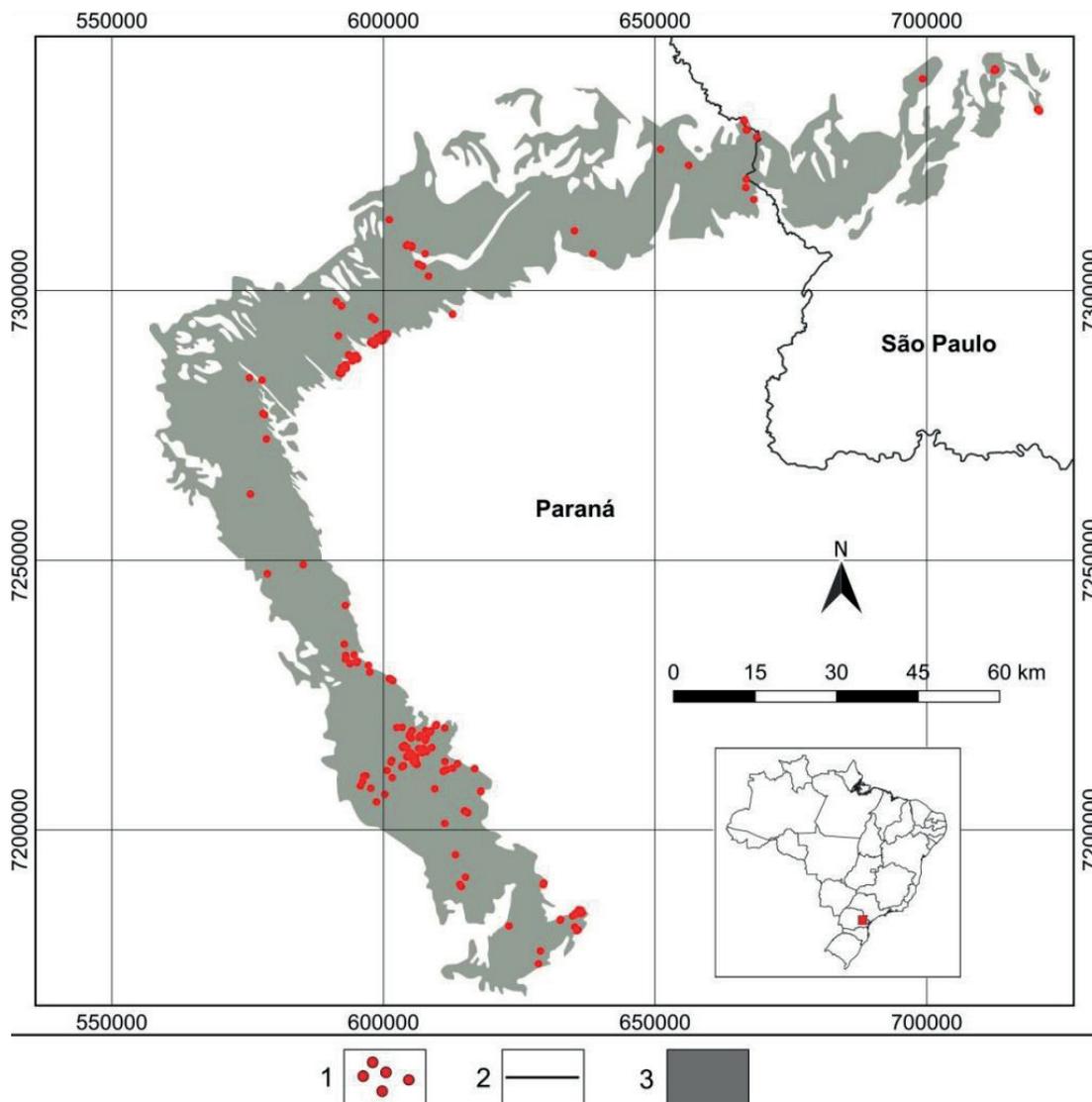


Figura 4: Distribuição das cavidades subterrâneas identificadas na Região Cárstica dos Campos Gerais no Paraná e São Paulo (adaptado de Pontes et al., 2021). Legenda: 1 – cavernas; 2 – divisa estadual; 3 – Região Cárstica dos Campos Gerais. O polígono em verde identifica a área detalhada na Figura 5.

Figure 4: Distribution of the underground caves identified in the Campos Gerais Karstic Region in Paraná and São Paulo (adapted from Pontes et al., 2021). Legend: 1 - caves; 2 - state border; 3 - Campos Gerais Karstic Region. The polygon in green identifies the area detailed in Figure 5.

Se por um lado a área da UC abriga importante patrimônio natural, por outro é palco de intensos conflitos ambientais, com constantes embates envolvendo representantes do setor de produção econômica (principalmente agronegócio e silvicultura), poder público e sociedade civil organizada. O atual modelo de gestão da UC tem se apresentado ineficiente para sua proteção e o Plano de Manejo (aprovado em 2004) não tem sido cumprido, com ações de fiscalização quase inexistentes.

No ano de 2016, um projeto de lei que tramitou na Assembleia Legislativa do Paraná (PL n° 527) pretendia subtrair dois terços do território dessa UC. A proposta só foi retirada devido a forte pressão popular, com arquivamento do projeto em outubro de 2018 (Pontes et al., 2018; Mochiutti & Guimarães, 2018). O GUPE foi uma das instituições que atuou frente a este projeto

If on the one hand the CU area is home to an important natural heritage, on the other it is the stage of intense environmental conflicts, with constant clashes involving representatives of the economic production sector (mainly agribusiness and forestry), public authorities and organized civil society. The current management model of the CU has proven inefficient for its protection and the Management Plan (approved in 2004) is not obeyed, with inspections being almost non-existent.

In 2016, a bill that went through the Legislative Assembly of Paraná (PL n° 527) intended to subtract two thirds of the CU's territory. The proposal was only withdrawn due to strong popular pressure, with the bill being shelved in October 2018 (Pontes et al., 2018; Mochiutti & Guimarães, 2018). GUPE was one of the institutions that acted against this bill,

de lei, na organização de uma petição online contrária ao mesmo, elaboração de logomarca e concepção artística para materiais gráficos e adesivos do movimento de oposição ao projeto de lei (Pró-Escarpa), ações nas redes sociais, convocação da sociedade para a audiência pública que tratou do tema e contribuição em textos jornalísticos, reportagens e documentário.

Uma dessas contribuições foi a participação no programa de televisão “Meu Paraná”, da RPC TV, afiliada da Rede Globo no estado, o qual aborda aspectos diversos da história, da cultura e da natureza paranaense, com exibição aos sábados. Em um episódio que foi ao ar em março de 2017¹, membros do GUPE apresentaram um pouco do patrimônio espeleológico e arqueológico associado à APA da Escarpa Devoniana no município de Ponta Grossa. Tal participação motivou convites de particulares para o GUPE visitar e explorar cavernas junto à Escarpa Devoniana na divisa dos municípios de Campo Largo e Balsa Nova, nas proximidades da localidade de São Luiz do Purunã, expedições que se efetivaram em setembro de 2017 e março de 2018 e resultaram no registro de 5 novas cavidades. Este relato é importante em termos de contextualização, pois algumas dessas ocorrências estão muito próximas ou mesmo dentro da área de influência das linhas e torres de transmissão de energia do STGA, o que posteriormente veio acender o sinal de alerta, quando o grupo tomou ciência do empreendimento da ENGIE.

Esse ativismo em defesa da APA da Escarpa Devoniana deu grande visibilidade ao GUPE, que estreitou parcerias com instituições ligadas a causas ambientais estaduais e nacionais, como o Observatório de Justiça e Conservação e a Rede de ONGs da Mata Atlântica, da qual se tornou entidade-membro. Também passou a apoiar outros movimentos² no estado e a participar de espaços de representação estratégicos, como o Conselho Estadual do Meio Ambiente (CEMA).

O GUPE E AS LINHAS DE TRANSMISSÃO DE ENERGIA DA ENGIE

As obras de implantação do STGA da ENGIE se iniciaram no segundo semestre de 2019. Ainda no primeiro semestre desse ano, a empresa realizou audiências públicas nos municípios paranaenses atravessados pelas linhas de transmissão para apresentação

organizing an online petition against it, elaborating a logo and artistic conception for graphic materials and stickers of the opposition movement to the bill (Pró-Escarpa). In addition to actions in social networks, calling society to the public hearing that addressed the issue and contributing to journalistic texts, reports and documentary.

One of these contributions was the participation in the television program “Meu Paraná”, on RPC TV, an affiliate of Rede Globo in the state, which addresses various aspects of Paraná’s history, culture, and nature, airing on Saturdays. In an episode aired on March 2017¹, GUPE members presented some of the speleological and archaeological heritage associated with the Devonian Escarpment APA in Ponta Grossa municipality. Such participation motivated private individuals’ invitations for GUPE to visit and explore caves near the Devonian Escarpment on the border of the municipalities of Campo Largo and Balsa Nova, near the town of São Luiz do Purunã. These expeditions took place in September 2017 and March 2018 and resulted in the registration of 5 new cavities. This report is important in terms of contextualization, because some of these occurrences are very close to or even within the influence area of the GATS power lines and towers, which later came to trigger the warning signal, when the group became aware of ENGIE’s enterprise.

This activism in defense of the Devonian Escarpment APA gave great visibility to GUPE, which strengthened partnerships with institutions linked to state and national environmental causes, such as the Observatory of Justice and Conservation and the Network of the Atlantic Forest, of which it became a member entity. It also began to support other movements² in the state and to participate in strategic representation spaces, such as the State Environmental Council (CEMA).

GUPE AND ENGIE’S ENERGY TRANSMISSION LINES

ENGIE’s GATS implementation works began in the second half of 2019. Also in the first half of this year, the company held public hearings in the municipalities of Parana that are crossed by the transmission lines. The

¹ Programa disponível em: <https://redeglobo.globo.com/rpc/noticia/meu-parana-explorou-cavernas-gigantes.ghtml>

² Um exemplo de movimento apoiado pelo GUPE foi o “Salve a Ilha do Mel”, contrário à instalação de um complexo portuário em frente à referida ilha. Mais detalhes em: <https://site.salveailhadomel.com.br/>

¹ Program available at: <https://redeglobo.globo.com/rpc/noticia/meu-parana-explorou-cavernas-gigantes.ghtml>

² An example of a movement supported by GUPE was the “Salve a Ilha do Mel” (Save Mell Island), against the installation of a port complex in front of the island. More details at: <https://site.salveailhadomel.com.br/>

dos EIA e respectivos Relatórios de Impacto Ambiental (RIMA) do Grupo 1 - Linha de Transmissão 525 kV Ivaiporã – Ponta Grossa C1 e C2 - ampliação SE 525/230 kV Ivaiporã e Grupo 2 – Linha de Transmissão 525 kV Ponta Grossa – Bateias C1 e C2 - ampliação SE Bateias 525/230 kV. Dos sete grupos nos quais o STGA foi fragmentado, apenas para os grupos 1 e 2 foi solicitado EIA-RIMA. Para os demais, apenas o Relatório Ambiental Simplificado (RAS).

Até então, pouca ou nenhuma informação estava sendo veiculada no estado (principalmente nos jornais e mídias regionais e locais) sobre o empreendimento. Nessa época, um membro do GUPE estava desenvolvendo sua tese de doutorado, trabalhando com a questão das políticas públicas de geoconservação voltadas ao patrimônio cárstico das rochas areníticas, especialmente do município de Ponta Grossa. Um dos dados que ele estava levantando era justamente sobre os empreendimentos instalados ou em processo de instalação na região que não apresentavam nos estudos ambientais os levantamentos espeleológicos. Foi nesse momento que ele se deparou com o STGA da ENGIE, e foi na Audiência Pública realizada em Ponta Grossa que percebeu que o projeto que cruzaria um dos setores com maior número de cavernas registradas no estado, não contemplava tais estudos. A única menção ao tema nos documentos era de uma consulta simples ao Cadastro Nacional de Informações Espeleológicas (CANIE), que não informava sobre a ocorrência de cavernas nos setores intersectados pelo STGA.

O fato foi apresentado por esse membro aos demais integrantes do GUPE em reunião, e a partir desse momento várias ações começaram a ser planejadas e encaminhadas coletivamente, as quais serão detalhadas cronologicamente na sequência.

Prospecção espeleológica na Escarpa Devoniana

No início de julho de 2019 o GUPE enviou um ofício ao IAT endereçado ao Grupo de Trabalho sobre Cavernas (GTCave) do referido órgão, solicitando os dados vetoriais de localização das linhas e torres de transmissão do Grupo 2 do STGA, que passaria pela região dos Campos Gerais cruzando a Escarpa Devoniana em direção ao Primeiro Planalto. O objetivo era ter ciência da posição exata das estruturas e da área afetada pelo empreendimento, além de poder realizar o cruzamento dessas informações com as cavidades subterrâneas já conhecidas pelo GUPE no setor em questão.

hearings were to present the EIAs and respective Environmental Impact Reports (Relatório de Impacto Meio Ambiente - RIMA) of Group 1 - Transmission Line 525 kV Ivaiporã - Ponta Grossa C1 and C2 - expansion SE 525/230 kV Ivaiporã and Group 2 - Transmission Line 525 kV Ponta Grossa - Bateias C1 and C2 - expansion SE Bateias 525/230 kV. Of the seven groups in which the GATS was fragmented, only for groups 1 and 2 was an EIA-RIMA requested. For the others, only the Simplified Environmental Report (RAS).

Until then, little or no information was being disseminated in the state (mainly in newspapers and regional and local media) about the project. At that time, a GUPE member was developing his doctoral thesis, working on the issue of public policies for geoconservation focused on the karstic heritage of sandstone rocks, especially in the municipality of Ponta Grossa. One of the data he was collecting was precisely on the enterprises installed or in the process of installation in the region that did not present speleological surveys in their environmental studies. It was at this moment that he came across ENGIE's GATS, and it was at the Public Hearing held in Ponta Grossa that he realized that the project, which would cross one of the sectors with the largest number of registered caves in the state, did not include such studies. The only mention of the topic in the documents was a simple consultation to the National Registry of Speleological Information (CANIE), which did not inform about the occurrence of caves in the sectors intersected by GATS.

This member presented the fact to the other GUPE members in a meeting, and from that moment on several actions started to be planned and collectively implemented. These actions are detailed chronologically in the sequence.

Devonian Escarpment Speleological Prospecting

In early July 2019, GUPE sent a letter to IAT addressed to the Cave Working Group (GTCave) of that agency. In the letter, a request was made for the vector data of the location of the transmission lines and towers of GATS Group 2, which would pass through the Campos Gerais region crossing the Devonian Escarpment towards the First Plateau. The objective was to know the exact position of the structures and the area affected by the project, and to be able to cross-reference this information with the underground cavities already known by GUPE in the sector in question.

A partir disso, o presidente do GUPE à época realizou incursões nessa área, conversando com proprietários e solicitando autorização para trabalhos de campo de prospecção espeleológica. Após as autorizações, a expedição de dois dias foi realizada no final de setembro de 2019 na localidade de Boqueirão, no município de Campo Largo, em parceria com o Grupo de Estudos Espeleológicos do Paraná (GEEP Açungui), que tem sede em Curitiba.

Treze polígonos foram selecionados para a investigação a partir da análise de imagens de satélite, mas apenas três foram efetivamente prospectados nessa etapa de campo, totalizando uma área de cerca de 25 hectares. Sete novas cavidades foram descobertas, uma delas com desenvolvimento linear de mais de 120 metros e grande parte delas com ocorrência de espeleotemas e fauna cavernícola típica. Adicionalmente, também foram identificados o sumidouro e a ressurgência de um pequeno curso d'água, reforçando o potencial cárstico das áreas de afloramento dos arenitos da Formação Furnas.

Como resultado deste trabalho foi produzido um relatório com a descrição das novas ocorrências identificadas, dados de localização, imagens e mapas espeleológicos. Somou-se a tais ocorrências no documento uma cavidade descoberta no ano 2018, revisitada durante a referida campanha de campo, situada na área de influência do STGA. Esse conjunto de cavidades foi cadastrado de imediato no CANIE, e o extrato do registro juntamente com o relatório embasaram os primeiros ofícios do GUPE dirigidos ao IAT e ao MPPR. Protocoladas em outubro de 2019, estas manifestações estavam centradas na ausência de estudos cársticos-espeleológicos no EIA-RIMA do Grupo 2 do STGA.

Ofícios de alerta e de denúncia

Entre os anos de 2019 e 2021 o GUPE protocolou dez ofícios direta ou indiretamente relacionados ao STGA da ENGIE, quatro para o IAT e seis para o MPPR, especificamente para o Grupo de Atuação Especial na Defesa do Meio Ambiente, Habitação e Urbanismo (GAEMA). O Quadro 1 apresenta uma síntese desses documentos, do teor dos mesmos e alguns de seus desdobramentos.

GUPE's president at the time, went into this area, talking to landowners and requesting authorization for speleological prospection fieldwork. With authorizations, the two-day expedition was carried out in late September 2019 in the locality of Boqueirão, in the municipality of Campo Largo, in partnership with the Speleological Studies Group of Paraná (GEEP Açungui), which is based in Curitiba.

Thirteen polygons were selected for investigation based on the analysis of satellite images, but only three were effectively prospected in this field stage, totaling an area of about 25 hectares. Seven new caves were discovered, one of them with a linear development of more than 120 meters and most of them with speleothems occurrence and typical cave fauna. Additionally, a sinkhole and the resurgence of a small water course were also identified, reinforcing the karstic potential of the outcropping areas of the Furnas Formation sandstones.

A report was produced with the description of the new occurrences identified, location data, images and speleological maps. Added to such occurrences, in the document was a cave discovered in the year 2018 that is located in the area of influence of the GATS, and was revisited during these field campaign. This set of caves was immediately registered in CANIE, and the extract of the register together with the report were the basis for the first letters from GUPE addressed to IAT and MPPR. Filed in October 2019, these manifestations were focused on the absence of karst-speleological studies in the GATS Group 2 EIA-RIMA.

Alert and denunciation letters

Between the years 2019 and 2021, GUPE filed ten letters directly or indirectly related to ENGIE's GATS, four to the IAT and six to the MPPR, specifically to the Special Action Group in Defense of the Environment, Housing and Urbanism (GAEMA). Table 1 presents a summary of these documents, their contents and some of their developments.

Quadro 1 – Relação dos ofícios protocolados pelo GUPE com respeito ao STGA - ENGIE.

Ofício	Data	Assunto	Destinatário	Resposta	Desdobramento
01/2019	09/07/2019	Solicitação dos arquivos vetoriais do traçado atualizado da Linha de Transmissão de Energia 525 kV Ponta Grossa – Bateias (C1 e C2) – Grupo 2	Grupo de Trabalho GTCaves – IAT	Envio dos dados solicitados por e-mail	Seleção das áreas a serem visitadas no trabalho de campo de prospecção espeleológica
03/2019	21/10/2019	Denúncia sobre o descumprimento da legislação pelo STGA – ENGIE, em função da ausência de estudos espeleológicos no EIA-RIMA do Grupo 2	GAEMA Curitiba – MPPR	Não houve resposta direta ao GUPE, mas o encaminhamento do ofício para o promotor responsável pelo GAEMA em Ponta Grossa, que solicitou reunião virtual com o GUPE para esclarecimentos	Encaminhamento de ofício do MPPR com questionamentos para o IAT e para a ENGIE
04/2019	11/10/2019	Alerta sobre o descumprimento da legislação pelo STGA – ENGIE em função da ausência de estudos espeleológicos no EIA-RIMA do Grupo 2	Câmara Técnica de Cavidades Naturais (CTCAVE) – IAT	Não houve resposta/ manifestação ao GUPE, mas ao MPPR, tanto da ENGIE como do IAT (Ofício 057/2020 – IAP – DIALE - DAE	Solicitação do IAT à ENGIE de realização dos estudos espeleológicos referentes aos grupos 1 e 2 do STGA
01/2020	22/06/2020	Avaliação técnica/científica do “Estudo espeleológico de cavidades naturais linha de transmissão 525kV Ponta Grossa - Bateias C1 E C2 - ampliação SE Bateias 525/230kV (Grupo II)”	GAEMA Ponta Grossa - MPPR	Reunião virtual com o promotor responsável pelo GAEMA em Ponta Grossa	Inquérito Civil MPPR nº 0113.19.008222-3
02/2020	27/07/2020	Denúncia sobre a ausência de levantamentos cársticos/ espeleológicos em estudos ambientais para licenciamento de empreendimentos com alto potencial degradador na Região Cárstica dos Campos Gerais	GAEMA Ponta Grossa – MPPR	Ofício nº 109/2021 IAT – DILIO – GELI – DLE, compartilhado pelo MPPR com o GUPE	Inquérito Civil MPPR nº 0113.20.003913-0

Ofício	Data	Assunto	Destinatário	Resposta	Desdobramento
04/2020	23/09/2020	Avaliação técnica/ científica do “Estudo espeleológico de cavidades naturais linha de transmissão 525kV Ivaiporã - Ponta Grossa C1 e C2 - ampliação SE 525/230kV Ivaiporã (Grupo I)”	GAEMA Ponta Grossa – MPPR	Não houve resposta, apenas desdobramentos.	MPPR solicitou juntar parecer do GUPE ao Inquerito Civil MPPR nº 0113.19.008222-3, que posteriormente foi apensado ao Inquérito Civil nº MPPR-0113.19.008753-7
03/2021	06/04/2021	Avaliação geral dos estudos ambientais apresentados para o licenciamento ambiental dos sete grupos do STGA – ENGIE	GAEMA Ponta Grossa – MPPR	Resposta via e-mail informando sobre o encaminhamento do ofício	Juntado na Ação Civil Pública nº 5050258-28.2020.4.04.7000
04/2021	12/04/2021	Avaliação geral dos estudos ambientais apresentados para o licenciamento ambiental dos sete grupos do STGA – ENGIE	Diretoria de Licenciamento e Outorga – IAT	Ofício nº 178/2021 IAT – DILIO – GELI – DLE	Tréplica por parte do GUPE, argumentando tecnicamente os pontos não esclarecidos e/ou com respostas insatisfatórias por parte do IAT
07/2021	04/06/2021	Resposta ao Ofício nº 178/2021 IAT – DILIO – GELI – DLE	Diretoria de Licenciamento e Outorga – IAT	Ofício nº 272/2021 IAT – DILIO – GELI – DLE	Busca por outros meios de ação junto ao IAT, tendo em vista as respostas evasivas, sem as informações e dados solicitados. Realização de reunião no IAT na data de 30/09/2021
11/2021	02/08/2021	Resposta ao Ofício nº 109/2021 IAT – DILIO – GELI – DLE	GAEMA Ponta Grossa – MPPR	Acusação de recebimento via e-mail.	Apensado ao Inquérito Civil nº 0113.20.003913-0, reunião virtual com o MPPR e pedido de informações através do Ofício nº 141/2021-GAEMAPG, de 16/12/2021
14/2021	17/11/2021	Pedido de informações sobre os encaminhamentos resultantes da reunião realizada entre o GUPE e os servidores do IAT (integrantes da Câmara Técnica – CTCAVE), na sede do IAT em Curitiba, em 30/09/2021	Departamento de Licenciamento Estratégico – DLE – IAT	Resposta parcial. Não apresentaram informações sobre as ações do IAT frente aos empreendimentos que estão em fase de licenciamento ambiental e não apresentaram estudos espeleológicos	Relato da tentativa de diálogo com o IAT em reunião virtual com o MPPR. Memorando nº 005/2021/IAT/DILIO e Orientação Técnica IAT 03/2021, orientando as áreas com potencialidade espeleológica.

Table 1 – List of GUPE's letters filed with respect to ENGIE's GATS..

Letter	Date	Topic	Recipient	Response	Unfolding
01/2019	09/07/2019	Request for the vector files of the updated track of the 525 kV Ponta Grossa - Bateias Power Transmission Line (C1 and C2) - Group 2	GTCaves Working Group - IAT	Sending the requested data by e-mail	Selection of the areas to be visited in the speleological prospecting fieldwork
03/2019	21/10/2019	Complaint about non-compliance with the legislation by ENGIE's GATS, due to the absence of speleological studies in the Group 2 EIA-RIMA	GAEMA Curitiba – MPPR	There was no direct response to GUPE, but the letter was sent to the prosecutor responsible for GAEMA in Ponta Grossa, who requested a virtual meeting with GUPE for clarifications	Forwarding of MPPR's letter with questions to IAT and ENGIE
04/2019	11/10/2019	Alert on non-compliance with legislation by ENGIE's GATS due to the absence of speleological studies in the Group 2 EIA-RIMA	Technical Chamber of Natural Caves (CTCAVE) - IAT	There was no response/manifestation to GUPE, but to MPPR, both from ENGIE and IAT (Letter 057/2020 - IAP - DIALE - DAE	IAT's request to ENGIE to conduct speleological studies for GATS groups 1 and 2
01/2020	22/06/2020	Technical/scientific evaluation of the "Speleological study of natural cavities - transmission line 525kV Ponta Grossa - Bateias C1 E C2 - extension SE Bateias 525/230kV (Group II)".	GAEMA Ponta Grossa - MPPR	Virtual meeting with the prosecutor responsible for GAEMA in Ponta Grossa	Civil Inquiry MPPR n° 0113.19.008222-3
02/2020	27/07/2020	Complaint about the absence of karst / speleological surveys in environmental studies for licensing of enterprises with high degrading potential in the Campos Gerais Karstic Region	GAEMA Ponta Grossa – MPPR	Letter No. 109/2021 IAT - DILIO - GELI - DLE, shared by MPPR with GUPE	MPPR Civil Inquiry No. 0113.20.003913-0

Letter	Date	Topic	Recipient	Response	Unfolding
04/2020	23/09/2020	Technical/scientific evaluation of the "Speleological study of natural cavities - transmission line 525kV Ivaiporã - Ponta Grossa C1 and C2 - extension SE 525/230kV Ivaiporã (Group I)".	GAEMA Ponta Grossa – MPPR	There was no response, only unfolding.	MPPR requested GUPE's assessment to be attached to Civil Inquiry MPPR 0113.19.008222-3, which was later joined to Civil Inquiry MPPR-0113.19.008753-7
03/2021	06/04/2021	General evaluation of the environmental studies presented for the environmental licensing of the seven groups of ENGIE's GATS	GAEMA Ponta Grossa – MPPR	E-mail response informing about the forwarding of the official letter	Joined in Public Civil Action No. 5050258-28.2020.4.04.7000
04/2021	12/04/2021	General evaluation of the environmental studies presented for the environmental licensing of the seven groups of ENGIE's GATS	Licensing and Granting Board - IAT	Letter n° 178/2021 IAT – DILIO – GELI – DLE	Rejoinder by GUPE, technically arguing the points not clarified and/or with unsatisfactory answers by IAT
07/2021	04/06/2021	Response to Letter No. 178/2021 IAT - DILIO - GELI - DLE	Licensing and Granting Board - IAT	Letter No. 272/2021 IAT - DILIO - GELI - DLE	Search for other means of action with the IAT, in view of the evasive answers, without the requested information and data. Meeting held at IAT on 09/30/2021
11/2021	02/08/2021	Response to Letter No. 109/2021 IAT - DILIO - GELI - DLE	GAEMA Ponta Grossa – MPPR	Confirmation of receipt via e-mail.	Joined to the Civil Inquiry No. 0113.20.003913-0, virtual meeting with MPPR and information request through the Letter No. 141/2021-GAEMAPG, of 12/16/2021
14/2021	17/11/2021	Request for information about the directions resulting from the meeting held between GUPE and IAT's staff (members of the Technical Committee - CTCAVE), at IAT's headquarters in Curitiba, on 09/30/2021	Strategic Licensing Department - DLE - IAT	Partial response. They did not present information about IAT's actions regarding the enterprises that are in the environmental licensing phase and did not present speleological studies	Report of the attempt to dialogue with IAT in a virtual meeting with MPPR. Memorandum No. 005/2021/IAT/DILIO and IAT Technical Guidance 03/2021, guiding the areas with speleological potentiality.

O histórico apresentado no Quadro 1 mostra que os ofícios protocolados pelo GUPE tiveram um impacto na condução do licenciamento ambiental e execução das obras do STGA da ENGIE, principalmente por intervenção do MPPR. O principal deles foi a solicitação por parte do IAT dos estudos espeleológicos à ENGIE para o Grupo 2 do STGA.

O estudo espeleológico produzido para o referido grupo, apresentado pela ENGIE em fevereiro de 2020 (Geoconsultores, 2020), foi analisado e questionado pelo GUPE, uma vez que não seguiu requisitos legais básicos, como a prospecção de toda área diretamente afetada pelo empreendimento, com registro do caminhamento em receptor GPS, e o levantamento de feições exocársticas. O recorte espacial foi limitado à Escarpa Devoniana, deixando de fora áreas do entorno com alto potencial para ocorrência de cavernas. Prova disso é que mesmo incompleto e deficiente, o estudo desse grupo indicou a descoberta de 21 novas cavidades, apenas uma pequena amostra do que poderia ter sido encontrado se toda a área de influência direta do empreendimento tivesse sido adequadamente prospectada.

O GUPE realizou a mesma avaliação do estudo para o Grupo 1 (Geoconsultores, 2019), apresentado em setembro de 2019, o único requisitado pelo IAT no curso normal do processo de licenciamento ambiental dentre todos os 7 grupos do STGA, ao qual o GUPE só teve acesso cerca de um ano depois. Mesmo cobrindo uma área muito maior que o Grupo 2, o estudo é bastante sucinto, apresentando as mesmas deficiências identificadas no documento do Grupo 2, mas com o agravante de não terem sido realizadas atividades de campo de prospecção espeleológica. Ambos os estudos se pautaram essencialmente em consultas à bibliografia, a bancos de dados e cadastros de cavernas (como o CANIE) e informações de terceiros.

Os questionamentos do GUPE em relação aos estudos espeleológicos dos grupos 1 e 2 levaram à solicitação por parte do IAT de novos levantamentos à ENGIE, complementares aos primeiros, os quais foram efetivamente apresentados em agosto de 2020 (A Lasca Arqueologia, 2020a; 2020b). No estudo referente ao Grupo 2 foram encontradas 48 novas cavidades subterrâneas, dentre cavernas, abismos, abrigos e dolinas, a maioria na mesma área que já havia sido parcialmente prospectada pelo GUPE e pela Geoconsultores. Considerando os trabalhos do GUPE e das empresas Geoconsultores e A Lasca, foram identificadas 56 novas cavidades nas áreas de influência do empreendimento do referido grupo (Figura 5).

O histórico apresentado no Quadro 1 mostra que The history presented in Table 1 shows that the letters filed by GUPE had an impact on the environmental licensing and execution of the works of ENGIE's GATS, mainly by intervention of the MPPR. The main one was the request by IAT for speleological studies to ENGIE for GATS Group 2.

The speleological study produced for the aforementioned group, presented by ENGIE in February 2020 (Geoconsultores, 2020), was analyzed and questioned by GUPE, since it did not follow basic legal requirements, such as prospecting the entire area directly affected by the project, with a GPS track record, and surveying exocarstic features. The spatial scope was limited to the Devonian Escarpment, leaving out surrounding areas with high potential for the occurrence of caves. Proof of this is that even though incomplete and deficient, the study of this group indicated the discovery of 21 new caves. That is only a small sample of what could have been found if the entire area of direct influence of the project had been adequately prospected.

GUPE performed the same assessment of the Group 1 study (Geoconsultants, 2019), presented in September 2019. This was the only one requested by IAT in the normal course of the environmental licensing process among all GATS 7 groups, to which GUPE only had access about a year later. Even covering a much larger area than Group 2, the study is quite succinct, presenting the same deficiencies identified in the Group 2 document, but with the aggravating factor that no speleological prospecting field activities were carried out. Both studies were based essentially on bibliographic consultations, databases and cave registers (such as CANIE), and information from third parties.

GUPE's questions regarding the speleological studies of Groups 1 and 2 led to IAT requesting new surveys complementary to the first ones, which were effectively presented in August 2020 (A Lasca Arqueologia, 2020a; 2020b). In the Group 2 study, 48 new underground cavities were found, including caves, abysses, shelters and dolines, mostly in the same area that had already been partially prospected by GUPE and Geoconsultores. Considering the work of GUPE and Geoconsultores and A Lasca, companies, 56 new caves were identified in Group 2 areas of influence (Figure 5).

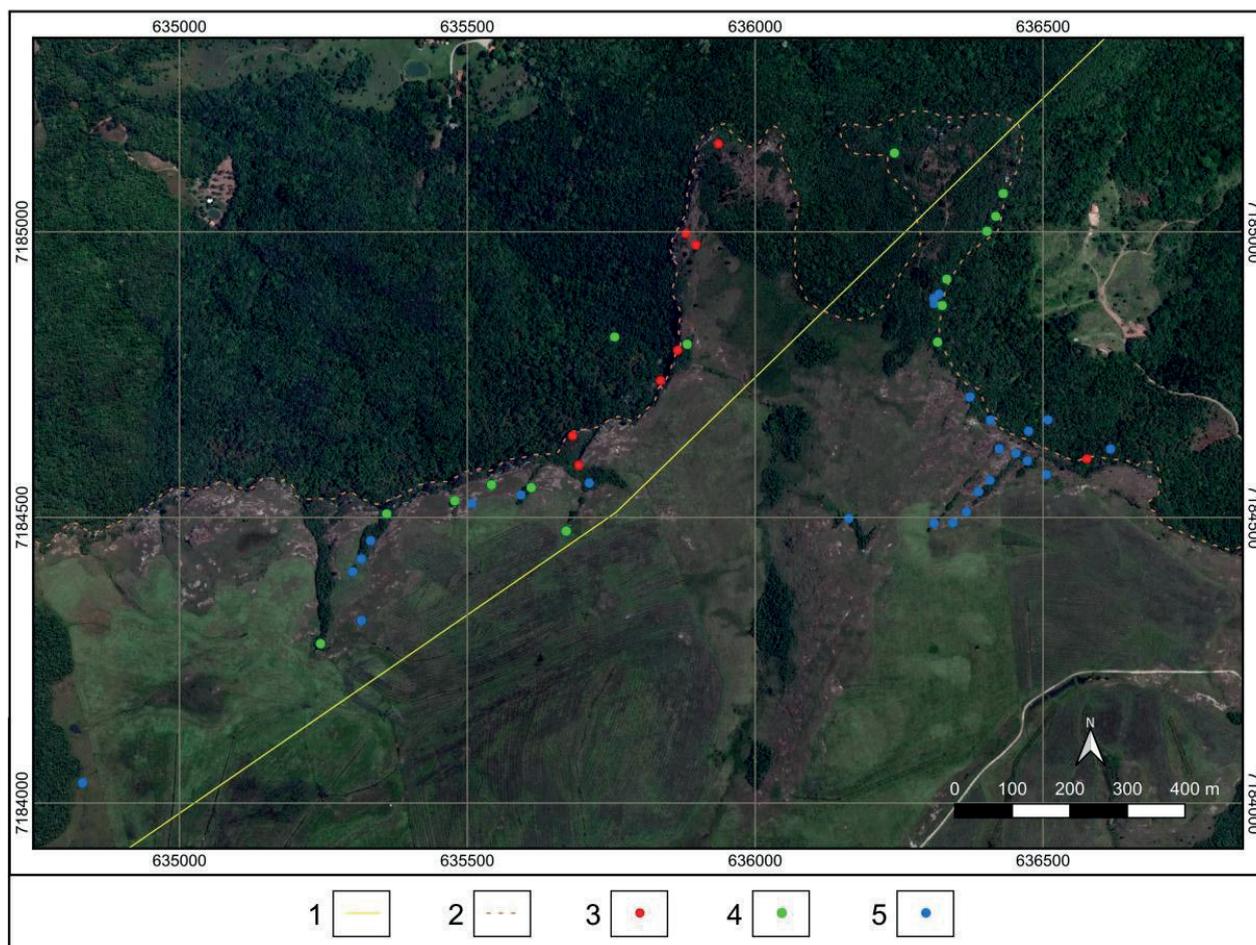


Figura 5: Conjunto de cavidades identificadas em uma pequena porção da área de influência do empreendimento do Grupo 2 do STGA da ENGIE. Legenda: 1 – traçado da linha de transmissão; 2 – Escarpa Devoniana; 3 – cavernas identificadas pelo GUPE; 4 – cavernas encontradas pela empresa Geoconsultores e; 5 – cavidades prospectadas pela empresa A Lasca.

Figure 5: Set of caves identified in a small portion of ENGIE's GATS Group 2 area of influence. Legend: 1 - layout of the transmission line; 2 - Devonian Escarpment; 3 - caves identified by GUPE; 4 - caves found by Geoconsultores company and; 5 - caves prospected by A Lasca company.

Em relação ao Grupo 1, nenhuma cavidade foi identificada, mas o GUPE não desenvolveu estudos nesta região. Outra área em que o STGA intercepta a Escarpa Devoniana e parte do empreendimento está em rochas da Formação Furnas pertence ao Grupo 7. Para esta parte do STGA também não foram apresentados estudos espeleológicos e, até o presente momento, o órgão ambiental não exigiu tais levantamentos.

Posteriormente à apresentação dos estudos espeleológicos, a ENGIE realizou o estudo de relevância espeleológica de sete cavidades diretamente afetadas pelo empreendimento do Grupo 2 (Geoconsultores, 2021), sendo que todas foram enquadradas como de alta relevância, consideradas de importância acentuada em escala regional. O estudo apresentado revelou a grande riqueza da geodiversidade e biodiversidade das cavidades areníticas associadas à Formação Furnas e à Escarpa Devoniana.

Regarding Group 1, no caves were identified, although GUPE did not develop studies in this region. Group 7 has another area where the GATS intersects the Devonian Escarpment and part of the enterprise is on Furnas Formation rocks. No speleological studies have been presented for this part of the GATS and, no surveys were required by the environmental agency.

Subsequent to the presentation of the studies, ENGIE conducted another study on the speleological relevance of seven cavities directly affected by the Group 2 project (Geoconsultores, 2021), all of which were classified as of high relevance and considered of marked importance on a regional scale. The study revealed the abundance of geodiversity and biodiversity of the sandstone caves associated with the Furnas Formation and the Devonian

Outro importante desdobramento do conjunto de ofícios protocolados pelo GUPE foi o ajuizamento em outubro de 2020 de uma Ação Civil Pública conjunta do Ministério Público do Estado do Paraná e Ministério Público Federal junto à 11ª Vara Federal de Curitiba, sob nº 5050258-28.2020.404.7000. O objetivo foi suspender, liminarmente, as licenças e autorizações concedidas pelo IAT a todos os grupos do STGA, além de declará-las nulas, junto com os estudos que as instruíram. Um dos tópicos que caracterizou o documento, embasado técnica e cientificamente nas denúncias do GUPE, tratou da insuficiência e invalidade dos estudos espeleológicos apresentados pela ENGIE.

Outra Ação Civil Pública que versou sobre o STGA foi ajuizada por entidades não governamentais, sob nº 5042816-11.2020.404.7000, mas diferente da peça dos Ministérios Públicos, tratou apenas das obras e estruturas relacionadas aos grupos 1 e 2 do STGA. Essa iniciativa foi antecedida de um estudo realizado a pedido de uma das ONGs a pesquisadores da Universidade Federal do Paraná, que analisaram detalhadamente os EIA-RIMA dos referidos grupos. O conteúdo relacionado aos aspectos espeleológicos no estudo e posteriormente na Ação Pública também teve seu fundamento nas informações geradas e cedidas pelo GUPE.

Ambas as Ações Cíveis Públicas resultaram, inicialmente, em duas suspensões em caráter liminar das obras do STGA. A primeira suspensão aconteceu em outubro de 2020, pela ação das ONGs, tendo como argumento principal a supressão da mata nativa, incluindo milhares de araucárias, espécie símbolo do Paraná. Esta liminar foi derrubada pelo presidente do Superior Tribunal de Justiça (STJ), ministro Humberto Martins, alegando que o Poder Judiciário não pode interferir e substituir a administração pública no processo de regulação do sistemas de energia elétrica. A segunda suspensão, também em caráter liminar, ocorreu em março de 2021, por ação dos Ministérios Públicos Estadual e Federal, tendo como principal motivação a insuficiência dos estudos espeleológicos. Esta liminar teve seus efeitos suspensos pela mesma decisão anteriormente tomada pelo STJ, dada a similaridade do objeto das ações. Os processos gerados por ambas as ações civis públicas seguem em andamento na justiça.

A realização dos estudos espeleológicos pela ENGIE, mesmo que de maneira pontual e não em toda a área diretamente afetada, teve reflexos no planejamento e execução das obras do STGA e revelou que a preocupação expressa pelo GUPE era fundamentada e necessária. Em nota emitida no dia 12 de junho de 2020, em resposta a questionamentos do portal O ECO sobre esse tema, a empresa afirma:

Escarpment. Another important outcome of GUPE's letters was the filing, in October 2020, of a joint Public Civil Action by the Public Prosecutor's Office of the State of Paraná and the Federal Public Prosecutor's Office with the 11th Federal Court of Curitiba, under No. 5050258-28.2020.404.7000. The goal was to suspend by preliminary injunction, the licenses and authorizations granted by IAT to all GATS groups, in addition to declaring them invalid, along with the studies that supported them. One of the topics that characterized the document, technically and scientifically based on GUPE's complaints, dealt with the insufficiency and invalidity of the speleological studies presented by ENGIE.

Another Public Civil Action that dealt with GATS was filed by non-governmental entities, under No. 5042816-11.2020.404.7000, but unlike the Public Prosecutor's Office, it dealt only with the works and structures related to groups 1 and 2 of GATS. This initiative was preceded by a study carried out at the request of one of the NGOs by researchers from the Federal University of Paraná, who analyzed in detail the EIA-RIMA of the referred groups. The content related to the speleological aspects in the study and later in the Public Action was also based on information generated and provided by GUPE.

Both Public Civil Actions resulted, in two preliminary injunctions of GATS works. The first suspension occurred in October 2020, due to the action of NGOs, having as main argument the suppression of native forest, including thousands of araucaria trees, the symbol species of Paraná. The Superior Court of Justice (STJ) president, Minister Humberto Martins, overturned this injunction. It was argued that the Judiciary cannot interfere and replace the public administration in the process of regulating the electricity systems. The second injunction occurred in March 2021, by action of the State and Federal Public Prosecutors, having as its main motivation the insufficiency of speleological studies. This injunction had its effects suspended by the same decision previously taken by the STJ, given the similarity of the object of the actions. The processes generated by both public civil actions are still in progress in the courts.

The speleological studies carried out by ENGIE, even if not in the whole area, had an impact on the planning and execution of the GATS works and revealed that the concern expressed by GUPE was well-founded and necessary. In a note issued on June 12, 2020, in response to questions from the O ECO portal on this topic, the company states:

“Quanto às cavidades naturais subterrâneas localizadas nas proximidades do empreendimento, foi sim realizado um amplo Estudo Espeleológico para caracterizá-las. Esse estudo foi apresentado ao órgão ambiental licenciador, visando integrar o processo de licenciamento. Como resultado, foram realizados ajustes no traçado das linhas de transmissão buscando o afastamento das estruturas de algumas torres do patrimônio espeleológico registrado. O resultado foi uma nova concepção desse traçado, com relocações de estruturas (para vante ou ré em relação a sua posição original), além da criação de desvios (variantes) do traçado. Assim, a probabilidade de interferência do ST Gralha Azul sobre o patrimônio espeleológico foi significativamente minimizada (ENGIE, 2020).”

Contudo, nota-se que os estudos espeleológicos do Grupo 2 só foram realizados após o IAT ser questionado pela justiça em Ação Civil Pública. Conforme contestação apresentada aos Autos da Ação Civil Pública nº 5042816-11.2020.404.7000, o IAT afirma que:

De forma tempestiva, adequada e de extrema relevância e pertinência, o GUPE, por meio do ofício nº 04/2019, manifestou preocupação quanto a ausência de apresentação de estudo espeleológico no EIA apresentado, especialmente para a LT 525 kV Ponta Grossa – Bateias, que transpassa a região da Escarpa Devoniana, com áreas de conhecido potencial espeleológico. (página 54 da referida contestação).

O IAT continua com suas considerações e afirma que:

Concluiu-se, assim, que a LT 525 kV Ponta Grossa – Bateias, nas suas porções medial e final, na região conhecida como Formação Furnas, é aquela que possui maior potencial de ocorrências espeleológicas...” (página 55 da referida contestação).

Assim, fica claro que o próprio IAT reconhece o alto potencial espeleológico da Formação Furnas, mostrando a necessidade de estudos detalhados, conforme expressado na referida contestação:

Alinhado com as sugestões e orientações do GUPE, o IAT defendeu que o estudo deveria apresentar a prospecção de detalhe, com caminhamento em malhas de prospecção, dentre outros aspectos técnicos levantados. Com o objetivo de atender os apontamentos apresentados principalmente pelo grupo de pesquisa, um novo estudo de avaliação do potencial espeleológico para o empreendimento foi elaborado em agosto de 2020, abrangendo os municípios de Ponta Grossa, Teixeira Soares, Palmeira, Porto Amazonas, Balsa Nova e Campo Largo, no Estado do Paraná. (página 56 da referida contestação).

Mesmo assumindo o equívoco, afirmando a alta potencialidade para a ocorrência de cavernas em rochas da Formação Furnas, o IAT não exigiu estudos completos sobre o patrimônio espeleológico e cárst-

“As for the natural underground cavities located in the vicinity of the project, a comprehensive Speleological Study was carried out to characterize them. This study was presented to the environmental licensing agency, aiming to integrate the licensing process. As a result, adjustments were made to the layout of the transmission lines, seeking to move the structures of some towers away from the registered speleological heritage. The result was a new conception of this layout, with relocations of structures (forward or backward in relation to their original position), besides the creation of deviations (variants) of the layout. Thus, the probability of interference of the Gralha Azu TSI on the speleological heritage was significantly minimized (ENGIE, 2020).”

However, the Group 2 speleological studies were only carried out after IAT was questioned by the courts in a Public Civil Action. According to the pleading filed in the Public Civil Action No. 5042816-11.2020.404.7000, IAT states that:

“In a timely, appropriate and extremely relevant and pertinent manner, GUPE, through letter No. 04/2019, expressed concern about the absence of a speleological study in the EIA presented, especially for the 525 kV Ponta Grossa - Bateias LT, which crosses the Devonian Escarpment region, with areas of known speleological potential. (page 54 of the above-mentioned answer).”

The IAT continues with its considerations and states that:

“It was thus concluded that LT 525 kV Ponta Grossa - Bateias, in its medial and final portions, in the region known as the Furnas Formation, is the one with the greatest potential for speleological occurrences...” (page 55 of the mentioned answer).”

Therefore, it is clear that the IAT itself recognizes the high speleological potential of the Furnas Formation, showing the need for detailed studies, as expressed in the aforementioned objection:

“Aligned with the suggestions and guidelines of GUPE, the IAT argued that the study should present the detail prospection, with prospection grids, among other technical aspects raised. Aiming to meet the notes presented mainly by the research group, a new study to evaluate the speleological potential for the project was prepared in August 2020, covering the municipalities of Ponta Grossa, Teixeira Soares, Palmeira, Porto Amazonas, Balsa Nova and Campo Largo, in the State of Paraná. (page 56 of the above-mentioned objection).”

Despite accepting the mistake and affirming the high potentiality for the occurrence of caves in the Furnas Formation rocks, the IAT did not demand complete studies on the speleological and karstic

tico, em toda a área de influência direta do empreendimento, evidenciando clara negligência do referido órgão ambiental.

Comunicação com a sociedade

Ao longo principalmente do ano de 2020, a questão relacionada aos problemas identificados no processo de licenciamento ambiental do STGA ficou mais evidente, principalmente pela cobertura dada por diferentes mídias. Muitos textos foram publicados e reportagens veiculadas em jornais. Membros do GUPE participaram desse processo de comunicação, com objetivo de informar e esclarecer à sociedade sobre os aspectos espeleológicos regionais e os riscos envolvidos ao se abrir mão de um licenciamento ambiental completo e em consonância com a legislação vigente.

Destas participações, a mais emblemática foi no programa³ Fantástico, da Rede Globo de Televisão. Em matéria especial conduzida pela repórter Sônia Bridi, a ausência inicial dos estudos espeleológicos legalmente previstos e, posteriormente, a qualidade dos estudos apresentados, foram abordadas, com fala de membro do GUPE e tomada de imagens de cavernas areníticas equivalentes às identificadas na área afetada pelo STGA. Em nível estadual o programa PLUG da RPC TV, afiliada da Rede Globo no Paraná, também deu destaque ao tema, contando com a participação do GUPE⁴. Na oportunidade foram visitadas cavidades descobertas pelo grupo dentro da área de influência do STGA e abordados aspectos da gênese, importância geo e ecossistêmica e ameaças. Esse programa, que vai ao ar todo sábado à tarde, tem grande audiência e simpatia da população paranaense, tendo sido uma ótima oportunidade de divulgação da espeleologia e do trabalho do GUPE.

Aproximação com o IAT

Cerca de dois anos após o protocolo do primeiro ofício ao IAT, o GUPE teve sua primeira reunião com técnicos do órgão ambiental. Desanimados com respostas que não atendiam aos questionamentos realizados e com a insistência do setor de licenciamento do IAT em interpretações equivocadas das normativas referentes ao patrimônio espeleológico, os membros do GUPE decidiram encerrar essa via de ação e partir para outra estratégia de contato.

4 Reportagem disponível em: <https://g1.globo.com/fantastico/noticia/2020/09/20/obra-ameaca-arvores-centenarias-no-interior-do-brasil.ghtml>

4 Reportagem disponível em: <https://globoplay.globo.com/v/9077780/>

heritage in the entire area of direct influence of the project, showing clear negligence on the part of the environmental agency.

Communication with the society

Mainly throughout the year 2020, the issue related to the problems identified in the GATS environmental licensing process became more evident, mostly due to the coverage given by different media. Many texts were published and reports were issued in newspapers. GUPE members participated in this communication process, aiming to inform and clarify the society about the regional speleological aspects and the risks involved when giving up a complete environmental license in accordance with the current legislation.

The most emblematic of these participations was in the Fantástico program³ of the Globo Television Network. In a special report conducted by reporter Sônia Bridi, a member of GUPE addressed the initial absence of legally foreseen speleological studies and, the quality of the studies later presented. In addition, some images of sandstone caves equivalent to those identified in the area affected by GATS were shown. At the state level, with GUPE's participation the program PLUG of RPC TV, a Globo affiliate in Paraná⁴, also highlighted the theme. On the occasion, caves discovered by the group within GATS's area of influence were visited and aspects of genesis, geo-ecosystemic importance, and threats were discussed. This program airs every Saturday afternoon, has a large audience and is cherished by Paraná population. Therefore, it was a great opportunity to spread the word about speleology and GUPE's work.

Approach to IAT

About two years after the protocol of the first letter to IAT, GUPE had its first meeting with the environmental agency technicians. Discouraged by replies that did not answer the questions asked and by the insistence of IAT's licensing sector in misinterpretations of the norms referring to the speleological heritage, GUPE's members decided to end this course of action and move on to another contact strategy.

3 Reportage available at: <https://g1.globo.com/fantastico/noticia/2020/09/20/obra-ameaca-arvores-centenarias-no-interior-do-brasil.ghtml>

4 Reportage available at: <https://globoplay.globo.com/v/9077780/>

Nesta reunião, membros do GUPE ouviram os técnicos do IAT sobre os procedimentos, dificuldades e desafios que o órgão enfrenta. O GUPE apresentou informações sobre o patrimônio espeleológico da Região Cárstica dos Campos Gerais, discutiu sobre as áreas de maior potencial espeleológico no Paraná e apontou a falta de exigência de estudos espeleológicos de empreendimentos em fase de licenciamento ambiental na região dos Campos Gerais, salientando que esta lacuna nos estudos ambientais motivou a abertura de um Inquérito Civil pelo Ministério Público do Estado do Paraná e, também, foi fator que motivou a realização da reunião entre o GUPE e o IAT.

Além disso, o GUPE indicou encaminhamentos para uma agenda posistiva do IAT em relação às cavidades subterrâneas, tais como: a) disponibilização, por parte do GUPE, de um banco de dados de cavidades naturais subterrâneas (de maneira integral e contínua, sempre que houver atualizações); b) criação de uma portaria específica para a conservação do patrimônio cárstico/espeleológico e licenciamento cárstico/espeleológico no Paraná e; c) importância do envolvimento e ações efetivas do IAT no PAT 19 (Programa Pró-Espécies – Território Caminho das Tropas – Paraná/São Paulo) no sentido do cumprimento do objetivo 2.7, que tem como foco elaborar diretrizes e procedimentos mais detalhados voltados à elaboração dos estudos de impacto ambiental, dos programas de monitoramento, das medidas mitigadoras e/ou compensatórias e das respectivas análises técnicas afetas a empreendimentos cujas áreas de influência possuam potencial espeleológico.

O GUPE protocolou ao Departamento de Licenciamento Estratégico – DLE do IAT o ofício nº 14/2021, em 17/11/2021, a fim de obter informações sobre os encaminhamentos apontados durante as discussões realizadas na reunião acima mencionada. Em resposta, o IAT relatou que encaminhou a todos os escritórios regionais o Memorando nº 005/2021/IAT/DILIO e a Orientação Técnica IAT 03/2021, contendo orientações sobre as áreas com potencialidade espeleológica.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A realização de estudos espeleológicos no processo de licenciamento ambiental de empreendimentos que potencial ou efetivamente podem impactar cavidades subterrâneas deveria ser uma regra, uma condicionante imediata no termo de referência emitido pelo órgão ambiental competente. No entanto, na região dos Campos Gerais do Paraná (como também para outras

At this meeting, GUPE members heard from IAT technicians about the procedures, difficulties and challenges faced by the agency. GUPE presented information on the speleological heritage of the Campos Gerais karstic region and discussed the areas of greatest speleological potential in Paraná. In addition, it was called attention to the lack of requirement for speleological studies of enterprises in the environmental licensing stage in the Campos Gerais region. Furthermore, the group pointed out that the gap in environmental studies motivated the opening of a Civil Inquiry by the Public Prosecutor's Office of the State of Paraná and was also a factor that motivated the meeting between GUPE and IAT.

GUPE indicated directions for IAT positive agenda in relation to underground cavities. Such as disclosure underground natural cavities database (in an integral and continuous manner, whenever there are updates). Also the creation of a specific ordinance for the conservation of karstic/spelological heritage and karstic/spelological licensing in Paraná. In addition to the importance of the involvement and effective actions of IAT in PAT 19 (Pro-Species Program - Territory Caminho das Tropas - Paraná/São Paulo) towards the fulfillment of objective 2.7. This objective focuses on elaborating guidelines and procedures that are more detailed for the preparation of environmental impact studies, monitoring programs, mitigating and/or compensatory measures, and the respective technical analyses related to projects whose areas of influence have speleological potential.

GUPE submitted to the Strategic Licensing Department - DLE of IAT the letter nº 14/2021, on 11/17/2021, in order to obtain information regarding the guidelines pointed out during the discussions held at the above-mentioned meeting. IAT reported that it forwarded the Memorandum No. 005/2021/IAT/DILIO and the IAT Technical Guidance 03/2021, containing guidelines on areas with speleological potential to all regional offices.

FINAL CONSIDERATIONS

The development of speleological studies in the environmental licensing process of enterprises that may impact underground cavities should be a rule, an immediate condition in the terms of reference issued by the competent environmental agency. However, in the Campos Gerais region of Paraná (as well as others in the state), this is a

do estado), essa é uma grande exceção. O STGA é apenas um exemplo, que acabou ganhando maior repercussão em função da sua dimensão e também por interceptar a Escarpa Devoniana, estrutura de relevo que há poucos anos já havia estado no centro de outra polêmica ambiental, que foi a tentativa de diminuir substancialmente a APA da Escarpa Devoniana.

Situações como esta revelam a incompreensão por parte de órgãos ambientais, gestores públicos e empresas de consultoria ambiental sobre cavidades naturais subterrâneas e sua relevância, sobre a legislação que versa sobre esse patrimônio e mesmo a pouca importância dispensada a elas, ao menos considerando a realidade paranaense. De forma geral, a sociedade como um todo não (re) conhece esses ambientes. Quando pensamos em cavidades e relevo cárstico desenvolvidos em rochas não carbonáticas, como os arenitos da Formação Furnas, a questão é ainda mais problemática, já que tais terrenos ainda são entendidos por esses atores como de baixo potencial espeleológico, dispensando portanto o estudo espeleológico ou a execução de todos os procedimentos metodológicos previstos legalmente.

As ações do GUPE no caso das linhas de transmissão da ENGIE, voltadas principalmente para a questão espeleológica, somadas aos esforços de outras instituições com atuação na área ambiental, foram determinantes para disparar o sinal de alerta nos Ministérios Públicos Estadual e Federal para o tema. Também despertou na mídia a curiosidade e atenção sobre esse assunto, prova disso é que recentemente, em uma série de reportagens especiais da RPC TV sobre as obras da Nova Ferroeste, obra de infraestrutura ferroviária que atravessará o Paraná, a realização do estudo espeleológico foi evidenciada, informação que não é comumente abordada. Infelizmente, dados preliminares sobre tal estudo mostram que sua qualidade é também questionável, repetindo as deficiências identificadas nos estudos do STGA. Para piorar este cenário, o GUPE tem identificado vários outros empreendimentos que estão em fase de licenciamento ambiental em área com alto potencial para a ocorrência de cavernas e a situação dos estudos espeleológicos é irregular, o que evidencia a repetição de procedimentos inadequados por parte do IAT.

Os impactos da intervenção do GUPE no processo de licenciamento do STGA, especificamente dos empreendimentos dos grupos 1 e 2, foram significativos, haja vista a necessidade da ENGIE de realizar o estudo espeleológico do Grupo 2 e, posteriormente, de contratar uma nova empresa de consultoria ambiental

major exception. The GATS is just one example, which gained more repercussion due to its size and also because it intersects the Devonian Escarpment, a relief structure that a few years ago had already been at the center of environmental controversy, with the attempt to reduce the Devonian Escarpment APA.

Situations such as this one reveal the lack of understanding on the part of environmental agencies, public managers and environmental consulting companies about natural underground cavities and their relevance, the misinterpretation about the legislation that deals with this patrimony and even the little importance given to them, at least considering the reality of Paraná. In general, society as a whole does not know these environments. When we think of caves and karstic relief developed in non-carbonate rocks, such as the sandstones of the Furnas Formation, the issue is even more problematic. This terrain is still seen by these actors as of low speleological potential, thus dismissing the speleological study or the implementation of all methodological procedures legally provided.

GUPE's actions in the case of the ENGIE transmission lines, focused mainly on the speleological issue, added to the efforts of other institutions operating in the environmental area, were crucial to trigger the alert signal in the State and Federal Public Ministries for the topic. It also aroused the media's curiosity and attention to this issue, proof of which is that recently, in a series of special reports by RPC TV about the Nova Ferroeste construction work, the railroad infrastructure project that will cross Paraná had the completion of the speleological study evidenced in the reports. Unfortunately, preliminary data on such a study show that its quality is also questionable, repeating the deficiencies identified in the GATS studies. To make this scenario worse, GUPE has identified several other enterprises that are in the environmental licensing phase in areas with high potential for the occurrence of caves and the status of the speleological studies is irregular, which shows the repetition of inadequate procedures by IAT.

The impacts of GUPE's intervention in the GATS licensing process, specifically for the projects in groups 1 and 2, were significant. That is demonstrated by the need for ENGIE to conduct the speleological study of Group 2 and, subsequently, to hire a new environmental consulting firm to practically redo the studies for both groups. Another conse-

para praticamente refazer os estudos de ambos os grupos. Outro desdobramento foi a alteração de traçado e localização de torres, buscando minimizar eventuais impactos negativos para as cavidades subterrâneas identificadas. Adicionalmente, toda essa mobilização resultou na descoberta de dezenas de novas cavidades areníticas junto à Escarpa Devoniana, endossando os dados do GUPE sobre o alto potencial espeleológico desse setor no estado e a urgente necessidade de atualização dos documentos e mapas do CECAV sobre as áreas com potencialidade espeleológica do Brasil, materiais que geralmente servem de referência para os órgãos ambientais de todo o país.

O GUPE espera que a aproximação iniciada com o IAT se aprofunde e que seja possível atuar de forma ativa junto ao órgão ambiental para mudar o cenário da questão espeleológica nos processos de licenciamento ambiental no Paraná, refletindo na ampliação do conhecimento sobre as cavernas paranaenses, na atuação em prol de sua consolidação no imaginário coletivo como bem patrimonial e na sua efetiva conservação. Contudo, a par deste ideário, o GUPE continuará ativo com sua atuação de fiscalização e denúncia, a fim de monitorar as ações e procedimentos do órgão ambiental estadual paranaense, com o intuito de zelar por uma entidade pública isonômica, transparente e socioambientalmente correta.

Por fim, este trabalho evidencia a importância da atuação do terceiro setor como fiscalizador do Poder Público e de suas diferentes esferas, como também de disseminador de conhecimento. A exemplo do caso aqui discutido, o trabalho dos diversos grupos de espeleologia espalhados por todo o território nacional, também deve focar na vigilância do patrimônio cárstico e espeleológico e no acompanhamento das ações dos órgãos de monitoramento, fiscalização e gestão dos bens naturais e culturais brasileiros. Da mesma forma, o papel de disseminadores do conhecimento científico deve estar ancorado na educação patrimonial da população em geral. Este conjunto de ações é uma maneira eficiente de construir uma sociedade justa e ambientalmente equilibrada.

quence was the alteration of the layout and location of the towers, seeking to minimize possible negative impacts to the underground caves. Additionally, all this mobilization resulted in the discovery of dozens of new sandstone caves along the Devonian Escarpment, supporting GUPE's data on the high speleological potential of this sector in the state. Furthermore, it showed the urgent need to update CECAV's documents and maps on the areas with speleological potential in Brazil, materials that generally serve as reference for environmental agencies throughout the country.

GUPE hopes that the approximation initiated with IAT will deepen and that it will be possible to act with the environmental agency to change the scenario of the speleological aspect in the environmental licensing processes in Paraná. That is done by reflecting in the amplification of knowledge about Paraná caves, in the action in favor of their consolidation in the collective imagination as a patrimonial good and in their effective conservation. However, along with this idea, GUPE will actively continue with its inspections and accusations, in order to monitor the actions and procedures of the Paraná state environmental agency, with the purpose of ensuring an isonomic, transparent, and socio-environmentally correct public entity.

Finally, this work highlights the importance of the third sector role as a watchdog of the government and its different spheres, as well as a propagator of knowledge. Following the example of the case discussed here, the work of the various speleology groups spread throughout the country should also focus on the surveillance of karst and speleological heritage and on the follow-up of the actions of the monitoring, inspection and management agencies of the Brazilian natural and cultural assets. Likewise, the role of propagators of scientific knowledge must be anchored in heritage education of the general population. This set of actions is an efficient way to build a fair and environmentally balanced society.

REFERÊNCIAS

- A LASCA ARQUEOLOGIA. **Estudo de Avaliação do Potencial Espeleológico da Linha de Transmissão 525 kV Ivaiporã - Ponta Grossa (C1 e C2 - CS) do Sistema de Transmissão Gralha Azul – Grupo I.** Relatório final. São Paulo, 2020a. Disponível em: <http://www.iat.pr.gov.br/sites/agua-terra/arquivos_restritos/files/documento/2020-10/relatorio_espeleologia_grupo_i.pdf>. Acesso em 22 dez 2021.
- A LASCA ARQUEOLOGIA. **Estudo de Avaliação do Potencial Espeleológico da Linha de Transmissão 525 kV Ponta Grossa – Bateias (C1 e C2) e ampliação da Subestação 525/230 kV Bateias do Sistema de Transmissão Gralha Azul – Grupo II.** Relatório final. São Paulo, 2020b. Disponível em: <http://www.iat.pr.gov.br/sites/agua-terra/arquivos_restritos/files/documento/2020-09/estudo_complementar_do_potencial_espeleologico-1.pdf>. Acesso em: 20 dez. 2021.
- BRASIL. CONAMA. CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE. **Resolução nº 347, de 10 de setembro de 2004.** Disponível em: <https://www.icmbio.gov.br/cecav/images/stories/downloads/Legislacao/Res_CONAMA_347_2004.pdf>. Acesso em: 17 out. 2021.
- BRASIL. **Decreto nº 6.640, de 07 de novembro de 2008.** Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2008/decreto/d6640.htm>. Acesso em: 17 out. 2021.
- BRASIL. MMA. MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. **Instrução normativa nº 02, de 30 de agosto de 2017.** Disponível em: <https://www.in.gov.br/materia/-/asset_publisher/Kujrw0TZC2Mb/content/id/19272154/do1-2017-09-01-instrucao-normativa-n-2-de-30-de-agosto-de-2017-19272042>. Acesso em: 17 out. 2021.
- CARDOSO, G. M.; ARAUJO, P. B.; BUENO, A. A. P.; FERREIRA, R. L. **Two new subterranean species of Hyalella Smith, 1874 (Crustacea: Amphipoda: Hyalellidae) from Brazil.** Zootaxa, v. 3814, n. 3, p. 353-368, 2014.
- ENGIE. **Nota de esclarecimento O ECO 12** de junho de 2020. Disponível em: <https://www.oeco.org.br/wp-content/uploads/2020/06/Nota-Gralha-Azul_OECO_12062020.pdf>. Acesso em: 12 set. 2021.
- ENGIE. **Sistema de Transmissão Gralha Azul.** 2021. Disponível em: <<https://www.sistemagralha-azul.com.br/>>. Acesso em: 22 dez. 2021.
- GEOCONSULTORES. **Estudo espeleológico de cavidades naturais Linha de Transmissão 525kV Ivaiporã - Ponta Grossa C1 e C2 - ampliação SE 525/230kV Ivaiporã (Grupo I).** Relatório final. Tubarão, 2019.
- GEOCONSULTORES. **Estudo espeleológico de cavidades naturais Linha de Transmissão 525kV Ponta Grossa – Bateias C1 e C2 - ampliação SE Bateias 525/230kV (Grupo II).** Relatório final. Tubarão, 2020. Disponível em: <http://www.iat.pr.gov.br/sites/agua-terra/arquivos_restritos/files/documento/2020-07/estudo_espeleologico_de_cavidades_naturais_lt_525_kv_ponta_grossa_bateias_c1_e_c2_.pdf>. Acesso em: 19 set. 2020.
- GEOCONSULTORES. **Estudo de grau de relevância de cavidades naturais subterrâneas empreendimento Linha de Transmissão 525 kV Ponta Grossa – Bateias C1 e C2.** Relatório final. Tubarão, 2021. Disponível em: <http://www.iat.pr.gov.br/sites/agua-terra/arquivos_restritos/files/documento/2021-03/engie_protocolo_17.383.082.3_estudo_grau_relevancia_cavidades_naturais.pdf>. Acesso em 21 dez. 2021.
- LOPES, F.; PARELLADA, C.; GOMES, P.; APPOLONI, C.; MACARIO, K.; CARVALHO, C. LINARES, R. PESSANDA, L. **Investigating a rock art site in Paraná State, South of Brazil.** Radio-carbon, Cambridge, v. 59, n. 6, p.1691-1703, 2017.
- MASSUQUETO, L. L. **Metodologia de inventário de cavidades naturais subterrâneas para classificação da relevância espeleológica em diferentes litotipos e diretrizes adequadas de geoconservação no Brasil.** 2020. 202f. Tese (Doutorado em Geologia Ambiental) – Universidade Federal do Paraná, Setor de Ciências da Terra, Programa de Pós-graduação em Geologia, Curitiba. 2020.

- MASSUQUETO, L. L.; FERNANDES, L. A.; PONTES, H. S. **Caracterização das feições geológicas de cavidades naturais subterrâneas em diferentes contextos litológicos no Brasil**. Caderno de Geografia, Belo Horizonte, v. 31, n.64, p. 142-169, 2021.
- MELO, M. S. de; GUIMARAES, G. B.; PONTES, H. S.; MASSUQUETO, L. L.; BAGATIM, H. Q.; FIGURIM, I.; GIANNINI, P.C.F. **Carste em rochas não-carbonáticas: o exemplo dos arenitos da formação Furnas**, Campos Gerais do Paraná/Brasil e as implicações para a região. Espeleo-Tema, Campinas, v. 22, n.1, p. 81-98, 2011.
- MELO, M. S. de ; GUIMARÃES, G. B.; CHINELATTO, A. L.; GIANNINI, P. C. F.; PONTES, H. S.; CHINELATTO, A. S. A.; ATENCIO, D. **Kaolinite, illite and quartz dissolution in the karstification of Paleozoic sandstones of the Furnas Formation**, Paraná Basin, Southern Brazil. Journal of South American Earth Sciences, v. 63, p. 20-35, 2015.
- MELO, M. S. de; GOMES, R. M.; PEREIRA, G. K. **Água subterrânea no Gráben de Ponta Grossa – PR**. Boletim Paranense de Geociências, Curitiba, v. 72, n. 1, p. 1-12, 2015.
- PARELLADA, C .I. **Arte Rupestre no Paraná**. Revista Tecnologia e Ambiente, Criciúma, v. 21, n. 1, p. 45-69, 2015.
- PONTES, H. S. **Patrimônio geológico cárstico em políticas públicas de geoconservação, com base em estudo de caso do município de Ponta Grossa (PR)**. 2019. 226f. Tese (Doutorado em Geologia Ambiental) – Universidade Federal do Paraná, Setor de Ciências da Terra, Programa de Pós-graduação em Geologia, Curitiba. 2019.
- PONTES, H. S.; MASSUQUETO, L. L.; FERNANDES, L.; FOLTRAN, A. C.; MELO, M. S. de; MOREIRA, J. C. **Caves Geodiversity Evaluation as an Instrument to the Management of the Campos Gerais National Park**, Southern Brazil. Geoheritage, v. 11, n.2, p. 641-651, 2019a.
- PONTES, H. S.; MASSUQUETO, L. L.; PONTES, F. S.; GUIMARAES, G. B.; MOCHIUTTI, N. F. B.; GUIMARAES, S. K.; VALE, T. F.; BURGARDT, S.; FOLTRAN, A. C. **Cavidades subterrâneas de Ponta Grossa: um olhar ao desconhecido**. 1. ed. Ponta Grossa: GUPE, 2019b. 145p.
- PONTES, H. S.; FERNANDES, L. A.; DE MELO, M. S.; GUIMARÃES, G. B.; MASSUQUETO, L. L. **Speleothems in quartzsandstone caves of Ponta Grossa municipality, Campos Gerais region, Paraná state, southern Brazil**. International Journal of Speleology, v. 49, n. 2, p. 119-136, 2020.
- PONTES, H. S.; FERNANDES, L. A.; DE MELO, M. S.; MASSUQUETO, L. L. **A região cárstica dos Campos Gerais**, Paraná-São Paulo, Brasil: revisão de conceitos, potencial espeleológico e políticas públicas de geoconservação. Pesquisas em Geociências, Porto Alegre, v. 48, n. 2, p. 1-23, 2021.
- PONTES, H. S.; MASSUQUETO, L. L. **Uma análise das lives como ferramentas de divulgação de conhecimento científico em tempos de pandemia de COVID-19: o exemplo do Projeto Enfurnados e Informados**. Geografia, Londrina, v. 30, n.2, p. 297-312, 2021.
- SBE. SOCIEDADE BRASILEIRA DE ESPELEOLOGIA. **Cadastro Nacional de Cavernas do Brasil** - consulta 2021. Disponível em: < <http://cnc.cavernas.org.br/>>. Acesso em 17 out. 2021.

Fluxo editorial:

Recebido em: 31/12/2021

Aprovado em: 04/03/2022



A revista Espeleo-Tema é uma publicação da Sociedade Brasileira de Espeleologia (SBE).

Para submissão de artigos ou consulta aos já publicados visite:

www.cavernas.org.br/espeleo-tema.asp



ESPELEO-TEMA

REVISTA BRASILEIRA DEDICADA AO ESTUDO DE CAVERNAS E CARSTE

