



ANAIS do 37º Congresso Brasileiro de Espeleologia

Curitiba - Paraná, 26 a 29 de julho de 2023



O artigo a seguir é parte integrante dos Anais do 37º Congresso Brasileiro de Espeleologia, disponível gratuitamente em www.cavernas.org.br.

Sugerimos a seguinte citação para este artigo:

REIS, A. S.; CALUX, A. S.; ZAMPAULO, R. A.. Resgate espeleológico em cavernas ferríferas da Formação Gandarela, Quadrilátero Ferrífero, Minas Gerais. In: MISE, K. M.; GUIMARÃES, G. B.. (orgs.) CONGRESSO BRASILEIRO DE ESPELEOLOGIA, 37, 2023. Curitiba. *Anais...* Campinas: SBE, 2023. p.124-137. Disponível em: <http://www.cavernas.org.br/anais37cbe/37cbe_124-137.pdf>. Acesso em: *data do acesso*.

Esta é uma publicação da Sociedade Brasileira de Espeleologia.
Consulte outras obras disponíveis em www.cavernas.org.br

RESGATE ESPELEOLÓGICO EM CAVERNAS FERRÍFERAS DA FORMAÇÃO GANDARELA, QUADRILÁTERO FERRÍFERO, MINAS GERAIS

*SPELEOLOGICAL RESCUE IN IRON CAVES OF THE GANDARELA FORMATION,
QUADRILATERO FERRÍFERO, STATE OF MINAS GERAIS*

Aline da Silva REIS¹; Allan Silas CALUX²; Robson de Almeida ZAMPAULO^{1,3}

- (1) Observatório Espeleológico (OE)
- (2) Carstografica - Karst Applied Research Centre
- (3) Grupo de Estudos Ambientais da Serra do Mar (GESMAR)

Contatos: alineambiental@yahoo.com.br; ascalux@gmail.com; rzampaulo@yahoo.com.br

Resumo

O presente estudo traz os principais resultados do resgate espeleológico de quatro cavernas localizadas no município de Santa Bárbara, estado de Minas Gerais. Para invertebrados, o resgate foi realizado por meio da captura e coleta manual em todos os biótopos potenciais ao longo de toda caverna. Para morcegos, foram instaladas redes de neblina nas entradas das cavidades. O resgate geoespeleológico consistiu na coleta de elementos sedimentares clásticos e químicos representativos de cada caverna. Ao todo foram coletados 528 espécimes distribuídos em 90 espécies, 60 famílias e 23 ordens. Dípteros, aranhas, coleópteros e colêmbolos foram os grupos mais representativos e nenhuma espécie troglóbia foi registrada. Durante o resgate geoespeleológico foram coletadas 14 amostras, sendo 12 de espeleotemas, uma de sedimento e uma de rocha. As cavidades foram suprimidas em conformidade com o processo de licenciamento ambiental estadual e como compensação foi proposta a consolidação territorial de 35,81 ha de áreas com cavernas no Parque Nacional da Serra do Gandarela e a implementação de ações do Programa Nacional de Conservação do Patrimônio Espeleológico (PNCPE).

Palavras-Chave: Cavernas; Legislação; Impactos; Conservação.

Abstract

The present study brings the results of the speleological rescue of four caves located in the municipality of Santa Bárbara, state of Minas Gerais. For invertebrates, the rescue was accomplished out through manual capture in all potential biotopes. For bats, fog nets were installed at the cavity entrances. The geoespeleological rescue consisted of collecting clastic and chemical sedimentary elements representative of the caves hosted in iron rocks. In all, 528 individuals were collected, distributed in 90 species, in 60 families and 23 orders. Diptera, spiders, beetles and springtails were the most representative groups and no troglobite species were registered. During the geoespeleological rescue, 14 samples were collected, being 12 of speleothems, one of sediment and one of rock. Such cavities were eliminated in accordance with the state environmental licensing process and as a form of compensation, the territorial consolidation of 35.81 hectares of areas with caves is being carried out in the Serra do Gandarela National Park, as well as the implementation of PNCPE actions.

Keywords: Caves; Legislation; Impacts; Conservation.

1. INTRODUÇÃO

O primeiro registro de cavernas associadas a formações ferríferas no Brasil é de 1818 e corresponde à Gruta do Eremita, localizada na Serra da Piedade, região nordeste do Quadrilátero Ferrífero, estado de Minas Gerais (SAINT-HILAIRE, 1974). Posteriormente, o francês Aimé Pissis (1848) e o mineralogista inglês Henwood (1871), descreveram a existência de novas cavernas e espeleotemas neste tipo litológico mencionando estalactites e crostas de minério de ferro associadas a estas feições. Após estes trabalhos pioneiros, citações esparsas sobre ca-

vernias associadas a formações ferríferas podem ser encontradas na literatura, como o trabalho de Tassini (1947), que descreve a ocorrência de uma caverna na Serra do Curral.

No entanto, somente após os estudos geológicos do United States Geological Survey (USGS) a partir do final da década de 1950 é que foram realizados trabalhos mais sistemáticos em cavidades naturais subterrâneas em formações ferríferas no estado de Minas Gerais. Guild (1957) descreveu uma cavidade denominada Casa de Pedra, pertencente à Companhia Siderúrgica Nacional (CSN) e Simmons

(1963) contemplou em seu trabalho diversas cavidades na Serra do Batateiro, na Serra do Tamanduá, no Morro da Queimada e na Serra do Curral, que resultaram na elaboração de um modelo genético e no detalhamento da mineralogia das cavidades da região. Segundo Simmons (1963), as cavernas associadas a formações ferríferas e canga poderiam ser divididas em dois tipos genéticos: as cavernas de erosão, formadas por processos de erosão diferencial no contato entre a canga e as rochas subjacentes; e as cavernas de dissolução, formadas nos itabiritos sob a canga, relacionadas ou próximas às cristas de serras ou topo dos platôs.

Nas duas últimas décadas do século XX algumas dezenas de cavernas associadas a formações ferríferas foram registradas na Serra de Carajás, no estado do Pará (PINHEIRO *et al.*, 1985; PINHEIRO, *et al.* 1988; PINHEIRO; MAURITY, 1988; MAURITY; KOTSCHOUBEY, 1995). E, em 2005, uma importante publicação é realizada em uma edição especial da revista “O Carste”, com vários artigos contemplando estudos pioneiros sobre a gênese, geologia, biologia, história e arqueologia associada a cavernas em formações ferríferas. Neste trabalho dezenas de cavernas são estudadas no Quadrilátero Ferrífero e esta publicação certamente alavanca as alterações posteriores na legislação espeleológica nacional (AULER; PILÓ, 2005).

Com a publicação do Decreto Federal nº 6.640 de 2008 (BRASIL, 1990) a legislação brasileira traz a possibilidade efetiva de supressão de cavernas. No entanto, em contrapartida, este dispositivo impulsionou a descoberta e o cadastro de milhares de novas cavidades naturais subterrâneas em todo o território nacional (CECAV, 2022). Nos últimos quinze anos o número de cavernas em rochas ferríferas conhecidas no Brasil já ultrapassa mais de três mil e, no país, considerando outras litologias já se tem mais de 23 mil cavernas cadastradas (CECAV, 2022). Neste mesmo período, várias publicações foram realizadas sobre cavernas associadas a formações ferríferas nos estados de Minas Gerais e do Pará (*e.g.* AULER; PILÓ, 2005; PILÓ; AULER, 2009; RUCHKYS *et al.*, 2015; CALUX *et al.*, 2019; RUBBIOLI *et al.*, 2019) e algumas dezenas de espécies presentes neste tipo de litologia foram descritas.

Segundo o Art. 18. da Instrução Normativa 02/2017 (BRASIL, 2017), “qualquer impacto negativo irreversível deverá ser precedido de registro e armazenamento cartográfico e fotográfico, bem como de inventário e coleta de espeleotemas e elementos geológicos, paleontológicos e biológicos representativos do ecossistema cavernícola, compreendendo o resgate, transporte adequado e a destinação a coleções científicas institucionais”.

Neste contexto, este trabalho tem como objetivo apresentar os resultados do resgate espeleológico realizado em quatro cavidades naturais subterrâneas associadas a formações ferríferas da Serra do Gandarela, Quadrilátero Ferrífero, estado de Minas Gerais.

2. METODOLOGIA

2.1 Área de estudo

O acesso à área de estudo pode ser feito partindo-se de Belo Horizonte até a cidade de Rio Acima, passando por Nova Lima, em um percurso de 32 km. A partir de Rio Acima, toma-se uma estrada de terra no sentido de Santa Bárbara, atingindo-se a área após um percurso de 22 km.

Em termos de vegetação a região apresenta um mosaico de formações vegetais. Essa diversidade de fitofisionomias ocorre em virtude de ser uma área de transição entre os Biomas Mata Atlântica e Cerrado. Segundo a classificação de Köppen (1948), o clima da região é mesotérmico úmido (Cwa) (tropical de altitude), que é caracterizado pelo inverno seco e frio, nos meses de abril a setembro, e verão quente e chuvoso, nos meses de outubro a março.

A área de estudo está inserida no contexto geológico do denominado Quadrilátero Ferrífero, em sua porção centro-leste. Localmente situa-se no “fechamento” da estrutura dobrada do Sinclinal Gandarela, em seu extremo sul, no limite entre os municípios de Rio Acima e Santa Bárbara. O Sinclinal Gandarela é formado por rochas metassedimentares do Supergrupo Minas em contato com o Grupo Nova Lima, pertencente ao Supergrupo Rio das Velhas, e o embasamento é composto por rochas graníticas do Complexo Metamórfico Caeté e Bação (Figura 1).

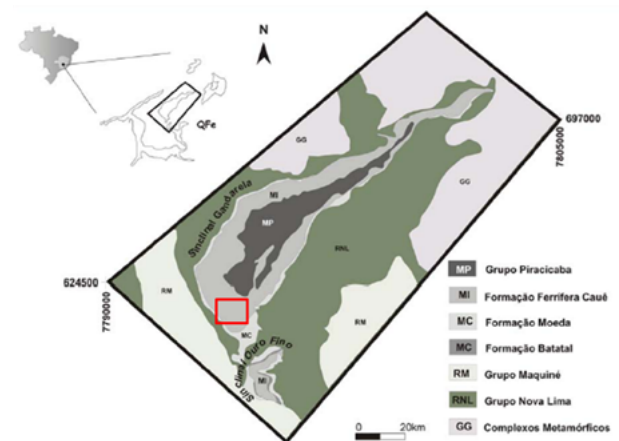


Figura 1: Localização da área de estudo (destacado em vermelho) e compartimentação geológica do Sinclinal Gandarela (Fonte: OLIVEIRA *et al.*, 2005).

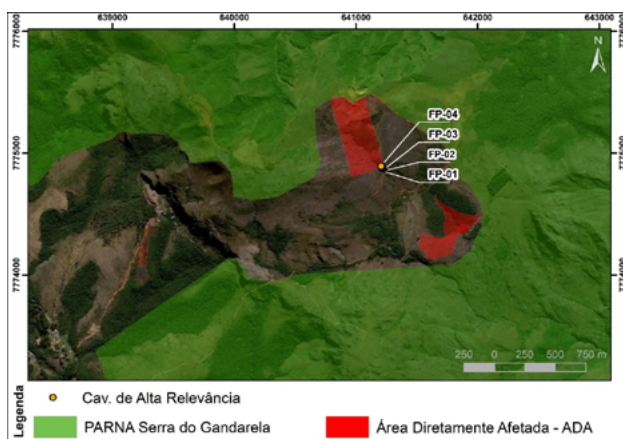


Figura 2: Área do empreendimento e localização das cavernas FP-01, FP-02, FP-03 e FP-04, cavernas alvo do resgate espeleológico.

Atualmente existem mais de duas mil cavernas cadastradas no Quadrilátero Ferrífero, sendo que cerca de 350 estão presentes na região da Serra do Gandarela. Destas, 16 foram avaliadas no âmbito de sua relevância nos estudos da mineração Ferro Puro e quatro foram passíveis de supressão e, portanto, alvo de resgate espeleológico. Segue abaixo a localização destas cavidades e na Tabela 1 seus dados espeleométricos (Figura 2 e Tabela 1).

Tabela 1: Relação de cavidades alvo do resgate espeleológico. Datum SIRGAS 2000.

Sigla	FP-01	FP-02	FP-03	FP-04
Sinonímia	Greta	Ovos Urubu	Morgan	Nada
UTM E	641258	641259	641254	641251
UTM N	7774921	7774924	7774930	7774939
PH (m)	5,07	6,02	25,59	8,55
Desnível (m)	0,5	0,25	2,54	4,01
Área (m ²)	11,1	19,7	84,05	11,34
Volume (m ³)	17	26	100,8	15,8
Altitude (m)	1462	1464	1464	1469

2.2 Resgate da fauna

O resgate dos invertebrados foi realizado em maio de 2020 por dois pesquisadores através da procura visual e coleta manual (com o auxílio de pinças e pincéis) em todos os biótopos potenciais existentes no interior das cavernas, priorizando depósitos de matéria orgânica, espaços sob rochas, tetos e paredes, bem como locais com maior umidade. O tempo de amostragem em cada caverna variou em função de sua complexidade, tamanho, diversidade de ambientes potenciais e quantidade de organismos encontrados. Todos os espécimes coletados foram fixados em

álcool 70% e encaminhados ao laboratório para identificação. O esforço para captura de morcegos consistiu na amostragem direta (com uso de puçás) no interior das cavernas durante o dia e uso de redes de neblina durante a noite por um período de até cinco horas.

Todas as análises estatísticas foram no *software* PAST versão 4.13 (HAMMER *et al.*, 2001). Para a análise de similaridade foi utilizado o índice quantitativo de Bray-Curtys (grupos pareados) pois além de ser amplamente utilizado, apresentou o melhor ajuste em relação aos dados obtidos (MAGURAN, 2004). Para a curva de rarefação utilizou-se do método Mao Tau (COLWELL, *et al.*, 2004).

2.3 Resgate Geoespeleológico

O resgate geoespeleológico consistiu na coleta de elementos sedimentares clásticos e químicos representativos de cada caverna. A campanha de campo foi realizada em maio de 2020, e contemplou as quatro cavidades naturais subterrâneas passíveis de impactos negativos irreversíveis.

Depósitos sedimentares clásticos: apenas a cavidade FP-03 apresentou depósitos clásticos representativos o suficiente para que sua organização fosse investigada. Nesta, os depósitos foram avaliados através da abertura de trincheiras em dois locais selecionados. As trincheiras, verticalmente, buscaram atingir a rocha subjacente ou substrato impenetrável através do uso de ferramentas manuais. Tal procedimento foi realizado no sentido de detectar toda a coluna envolvida no processo deposicional. Após a descrição das fácies sedimentares, as paredes das trincheiras foram fotografadas.

Depósitos sedimentares químicos (espeleotemas): por se tratar de salvamento espeleológico, coletou-se o maior número e quantidade possível de espeleotemas. No entanto, as cavernas inseridas neste estudo, em geral, são caracterizadas pela incipiência destes depósitos, ou seja, as amostras retiradas para análise e acervo não representaram uma grande quantidade de material. As amostras foram retiradas, quando muito cristalizadas, com auxílio de formão de diversos tamanhos, martelo de geólogo e marreta, sendo que em alguns casos o procedimento foi o de raspagem. Para cada amostra foram coletadas massas que variaram de algumas poucas dezenas de gramas a até um quilograma de material, tanto para análises mineralógicas quanto para análises químicas. O material coletado foi identificado, descrito, fotografado e ensacado *in loco*. Em laboratório as amostras foram fracionadas, de forma a garantir material para réplicas analíticas

ou até mesmo depósito em coleções.

Resgate Fotográfico: em síntese, o que se buscou nesta etapa foi fazer um registro fotográfico mais extenso e com a melhor configuração possível, lembrando que as cavidades objeto deste resgate são de pequenas dimensões. O registro fotográfico foi plotado em mapa, onde foi indicado, além da posição, o ângulo de visada das imagens. Por fim, foi elaborado um mapa/painel contendo o mapa e as imagens obtidas.

3. RESULTADO E DISCUSSÕES

3.1 Resgate da fauna

Durante o resgate espeleológico das quatro cavernas deste estudo, foram coletados 528 indivíduos distribuídos em 90 espécies. Estas espécies por sua vez estão distribuídas em 60 famílias e nas 23 ordens a seguir: Araneae, Blattodea, Coleoptera, Collembola, Diplura, Diptera, Gastropoda, Hemiptera, Hymenoptera, Isopoda, Isoptera, Lepidoptera, Lithobiomorpha, Mesostigmata, Opiliones, Palpigradi, Pseudoscorpiones, Psocoptera, Sarcoptiformes, Spirostreptida, Tricladida, Trombidiformes e Zygentoma. Dípteros, aranhas, coleópteros e colêmbolos foram os grupos mais representativos com 47,7% das espécies coletadas (Figura 3). Assim como nas demais amostragens na fase de diagnóstico, nenhuma espécie troglóbica foi encontrada. Entre táxons novos, duas espécies de colêmbolos foram amostradas. Tais espécies apresentam ampla distribuição e foram descritas nos trabalhos publicados por Cipola *et al.* (2020) e Zeppelini *et al.* (2020).

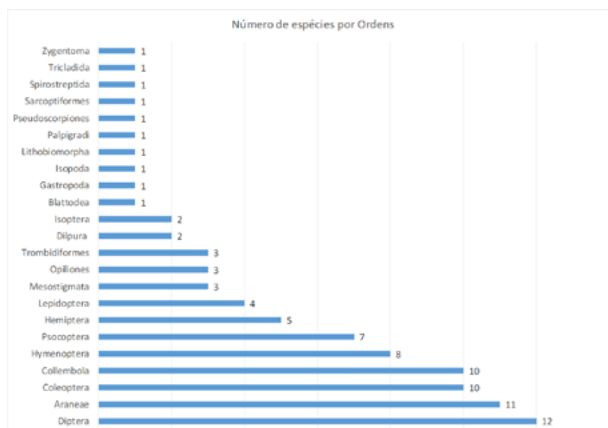


Figura 3: Número de espécies (riqueza) por ordem.

Em relação à riqueza, a Gruta dos Morgans foi a mais rica com 42 espécies, seguida pela Loca dos Ovos do Urubu com 33 espécies, Loca da Greta com 32 espécies e Loca do Nada com 30 espécies. Em relação à abundância, assim como para a riqueza, a Gruta dos Morgans foi a que apresentou a maior abundância. No entanto, para as demais cavernas não se observa este mesmo padrão, ou seja, cavernas com maior riqueza não necessariamente apresen-

taram a maior abundância de indivíduos. Segue abaixo os gráficos com os valores de riqueza e abundância de indivíduos encontradas em cada caverna (Figura 4).

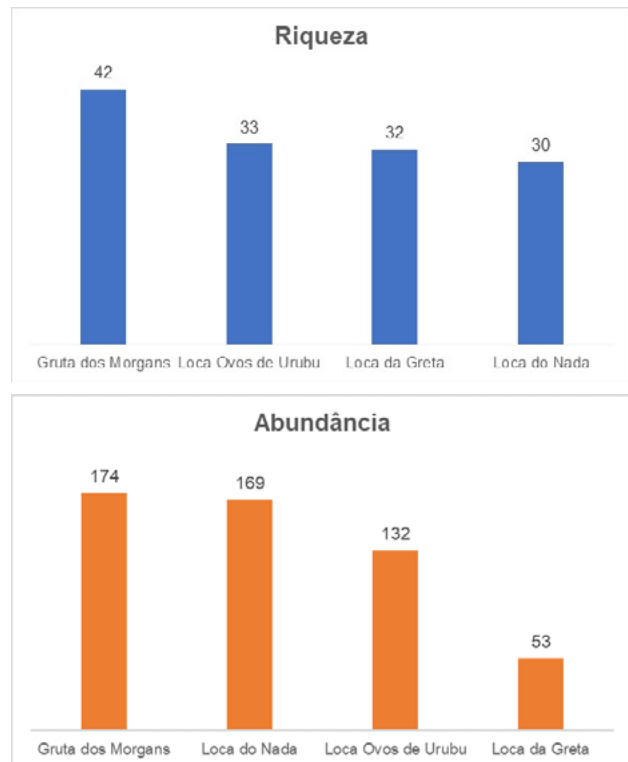


Figura 4: A) Número de espécies (riqueza) por caverna; B) Abundância de indivíduos por caverna.

Para a curva de rarefação de espécies considerando cada caverna como uma amostra observamos que o número de espécies esperadas para a área de estudo aumenta à medida que novas amostras são adicionadas (Figura 5).

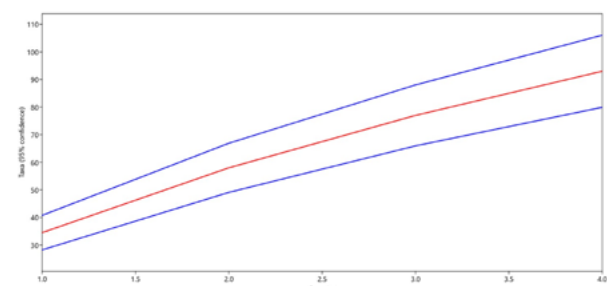


Figura 5: Curva de rarefação de espécies (Mao Tau) obtida com os resultados do resgate espeleológico considerando cada cavidade como uma unidade amostral.

Por sua vez, a análise de similaridade considerando o índice de Bray-Curtis demonstrou que as cavernas dos Morgans e Loca da Greta se demonstram mais próximas em relação à estrutura e composição da fauna com aproximadamente 50% de similaridade, sendo que a Loca do Nada é a caverna mais distante das demais (Figura 6). Este distanciamento no *cluster* em relação à fauna observada na Loca do Nada é esperado, uma vez que esta cavidade possui dimensões reduzidas em relação a área, piso com-

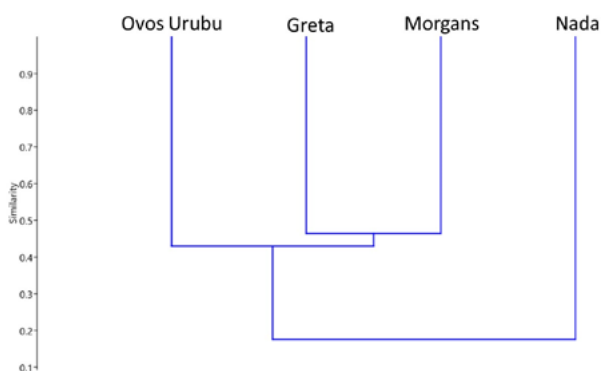


Figura 6: Resultados da análise de similaridade entre as cavernas alvo do resgate bioespeleológico. Coeficiente de Correlação Cofenético = 0,99.

posto por muitos blocos sobrepostos e maior conectividade com o ambiente epígeo estando, portanto, mais suscetível às variações em seu microclima e a uma maior influência de espécies de ambientes de superfície.

Em relação aos vertebrados, nenhuma espécie foi encontrada, incluindo morcegos. Todo o material proveniente do resgate foi depositado em diferentes coleções científicas, como a Coleção de Invertebrados da Universidade Federal de Lavras (UFLA), do Instituto Butantan - SP e da Universidade Estadual da Paraíba (UEPB).

3.2 Resgate Geoespeleológico

Foram coletadas 14 amostras, sendo 12 de espeleotemas, uma de sedimento e uma de rocha. O Anexo 1 apresenta uma breve descrição das amostras, seguida de uma foto de identificação. Os locais da coleta das mesmas estão indicados nos mapas do Anexo 2. Como dito anteriormente, o material coletado foi preparado e armazenado, até que seja possível submetê-lo a análises químicas e mineralógicas. Os resultados do resgate fotográfico são apresentados nas pranchas no Anexo 3. Observar nos mapas a posição da câmera fotográfica e o ângulo de visada do registro.

4. CONCLUSÕES

Este estudo apresentou os principais resultados do resgate espeleológico de quatro cavidades naturais subterrâneas inseridas na formação ferrífera da Unidade Geomorfológica da Serra do Gandarela, província espeleológica do Quadrilátero Ferrífero, esta-

REFERÊNCIAS

- AULER, A.; PILÓ, L. B. Introdução às cavidades em minério de ferro e canga. **O Carste**, Belo Horizonte, v. 17, n. 3, p. 70-72, 2005.
- BRASIL. **Decreto Federal n. 6.640 de 7 nov. 2008**. Dá nova redação aos arts. 1º, 2º, 3º, 4º e 5º e acrescenta os arts. 5-A e 5-B ao Decreto número 99.556, de 1º de outubro de 1990, que dispõe sobre a proteção das cavidades naturais subterrâneas existentes em território nacional. Diário Oficial da União, Brasília, DF, 10 nov. 2008. Seção 1. p. 8.

do de Minas Gerais em atendimento ao que determina o Art. 18 da Instrução Normativa MMA 02/2017, “qualquer impacto negativo irreversível deverá ser precedido de registro e armazenamento cartográfico e fotográfico, bem como de inventário e coleta de espeleotemas e elementos geológicos, paleontológicos e biológicos representativos do ecossistema cavernícola, compreendendo o resgate, transporte adequado e a destinação a coleções científicas institucionais”.

Tais cavidades de alta relevância foram suprimidas em conformidade com processo de licenciamento ambiental estadual 24462/2009/001/2010 (Superintendência Regional de Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável - SUPRAM Central Metropolitana) e conforme estabelecido no Termo de Compromisso de Compensação Espeleológica nº 1/2020, Processo nº 02667.000070/2019-78 celebrado entre a Mineração Ferro Puro (CNPJ: 09.605.503/0001-65) e o Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade (ICMBio) (CNPJ: 08.829.974/0001-94) tendo como objeto a consolidação territorial de 35,81 hectares no Parque Nacional da Serra do Gandarela, estado de Minas Gerais, bem como a implementação de ações do Programa Nacional de Conservação do Patrimônio Espeleológico pela Mineração Ferro Puro e publicado no Diário Oficial da União em 21/05/2020 (Edição: 96, Seção 3, página 86).

As informações obtidas durante este resgate espeleológico foram inseridas no Cadastro Nacional de Informações Espeleológicas (CANIE) do Centro Nacional de Pesquisa e Conservação de Cavernas (CECAV/ICMBio) sendo atendidos, portanto, todos os requisitos previstos nos instrumentos legais referentes ao licenciamento ambiental espeleológico.

5. AGRADECIMENTOS

À Mineração Ferro Puro, ao Grupo Avante, a Dayane Pereira e toda equipe de Meio Ambiente do Grupo Avante e, a equipe técnica da Superintendência Regional de Meio Ambiente – Supram Central e Leste Mineiro.

- BRASIL. **Decreto Federal n. 99.556, de 01 outubro de 1990.** Dispõe sobre a proteção das cavidades naturais subterrâneas existentes no território nacional, e dá outras providências. Diário Oficial da União, Brasília, DF, 02 out. 1990. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/decreto/1990-1994/D99556.htm>. Acesso em: 07 jun. 2012.
- BRASIL. **Instrução Normativa MMA Nº 2 do Ministério do Meio Ambiente, de 30 de agosto de 2017.** Define a metodologia para a classificação do grau de relevância das cavidades naturais subterrâneas, conforme previsto no Art. 5º do Decreto no 99.556, de 1º de outubro de 1990. Lessa et.al. (2020).
- CALUX, A.S.; CASSIMIRO, R.; SALGADO, A. (2019) Caves in iron formations in the Quadrilátero Ferrífero, Minas Gerais, southeastern Brazil: lithological, morphological and hydrological settings and speleogenesis. **Zeitschrift für Geomorphologie**, v. 62/2, 000–000, 2000.
- CENTRO NACIONAL DE PESQUISA E CONSERVAÇÃO DE CAVERNAS (CECAV). **Cadastro Nacional de Informações Espeleológicas - CANIE.** Versão 30/06/2022. Brasília, 2022. Disponível em: <<http://www.icmbio.gov.br/cecav/canie.html>>. Acesso em: 15 mar. 2023.
- CIPOLA, N. G. *et al.* Review of Eyeless Pseudosinella Schäffer (Collembola, Entomobryidae, and Lepidocyrtinae) from Brazilian Caves. **Insects**, 11, 194, 2020; doi:10.3390/insects11030194.
- COLWELL, R. K.; MAO, C. X.; CHANG, J. Interpolating, extrapolating, and comparing incidence-based species accumulation curves. **Ecology**, v.85, p. 2717-2727, 2004
- GUILD, P.W. Geology and Mineral Resources of the Congonhas District. United States **Geological Survey Professional Paper** 290, 90 p., 1957.
- HAMMER, Ø.; HARPER, D.A.T.; RYAN, P.D. PAST: Paleontological statistics software package for education and data analysis. **Palaeontologia Electronica** 4(1): 9pp, 2001. http://palaeo-electronica.org/2001_1/past/issue1_01.htm
- HENWOOD, W. J. On the gold mines of Minas Geraes. Observations on metalliferous deposits. **Transactions of the Royal Geological Society of Cornwall**, 8, 168–370, 1871.
- KÖPPEN, W. **Climatologia con un estudio de los climas de la Tierra.** México: Fondo de Cultura Económica, 1948, 479p.
- MAGURRAN, A. E. **Ecological diversity and its measurement.** London: Princeton University, 2004. 192 p.
- MAURITY, C. W.; KOTSCHOUBEY, B. Evolução recente da cobertura de alteração no Platô N1 – Serra dos Carajás - PA. Degradação, pseudocarstificação, espeleotemas. **Boletim do Museu Paraense Emílio Goeldi.** Série Ciências da Terra, v. 7, p. 331-362. 1995.
- OLIVEIRA, N. V. **Modelagem e Inversão 2D de dados magnetométricos aplicados na caracterização geométrica do sinclinal Gandarela e Homoclinal Curral, Quadrilátero Ferrífero, MG.** Dissertação de Mestrado, Departamento de Geologia/Escola de Minas, Universidade Federal de Ouro Preto, 2005, 124 p.
- PILÓ, L. B.; AULER, A. Geoespeleologia das cavernas em rochas ferríferas da região de Carajás. In: Anais do XXX Congresso Brasileiro de Espeleologia. Sociedade Brasileira de Espeleologia: **Anais...** Montes Claros, 2009, v. 1., p. 181-186.
- PINHEIRO, R. V. L. *et al.* **Considerações Preliminares sobre a espeleologia da Serra dos Carajás (PA).** Grupo Espeleológico Paraense. Relatório inédito, 38 p. 1985.
- PINHEIRO, R.V.L.; MAURITY, C.W. As cavernas em rochas intempéricas da Serra dos Carajás (PA) – Brasil. In: CONGRESSO DE ESPELEOLOGIA DA AMÉRICA LATINA E DO CARIBE, 1., 1988, Belo Horizonte. **Anais...** Belo Horizonte: [s.n.], p. 179-186. 1988.
- PISSIS A. Mémoire sur la position géologique des terrains de la partie australe du Brésil, et sur les soulève-

ments qui, à diverses époques, ont changé le relief de cette contrée; par M. A. Pissis. **Académie des Sciences de L'Institut National de France**, Paris, Imprimerie Nationale. p. 353-413, 1848.

RUBBIOLI, E.; AULER, A.; MENIN, D.; BRANDI, R. **Cavernas - Atlas do Brasil Subterrâneo**. Grupo Bambuí de Pesquisas Espeleológicas, Belo Horizonte, 2019, 340pp.

RUCHKYS, U.; TRAVASSOS, L. E. P.; RASTEIRO, M. A.; FARIA, L. E. (orgs). **Patrimônio Espeleológico em Rochas Ferruginosas: Propostas para sua conservação no Quadrilátero Ferrífero, Minas Gerais**. Sociedade Brasileira de Espeleologia: Campinas, 2015, 354p.

SAINT-HILAIRE, A. **A Viagem pelo Distrito dos Diamantes e Litoral do Brasil (P. Loenam de Azevedo, Trans.)**. Belo Horizonte, São Paulo: Editora Itatiaia/USP, 1974.

SIMMONS, G.C. Canga caves in the Quadrilátero Ferrífero, Minas Gerais, Brazil. **The National Speleological Society Bulletin** 25: 66-72, 1963.

TASSINI, R. **Verdades históricas e pré-históricas de Belo Horizonte, antes Curral Del Rey, Belo Horizonte**: Imprensa Oficial do Estado de Minas Gerais, 1947.

ZEPPELINI, D.; BRITO, R.A.; ZAMPAULO, R. A.; LIMA, E.C.A. A new highly dimorphic genus of Sminthuridae (Collembola: Symphypleona) from Brazil. **Zootaxa** 4729 (1): 025-046, 2020.

Anexo 1: descrição das amostras coletadas e análises às quais serão destinadas.

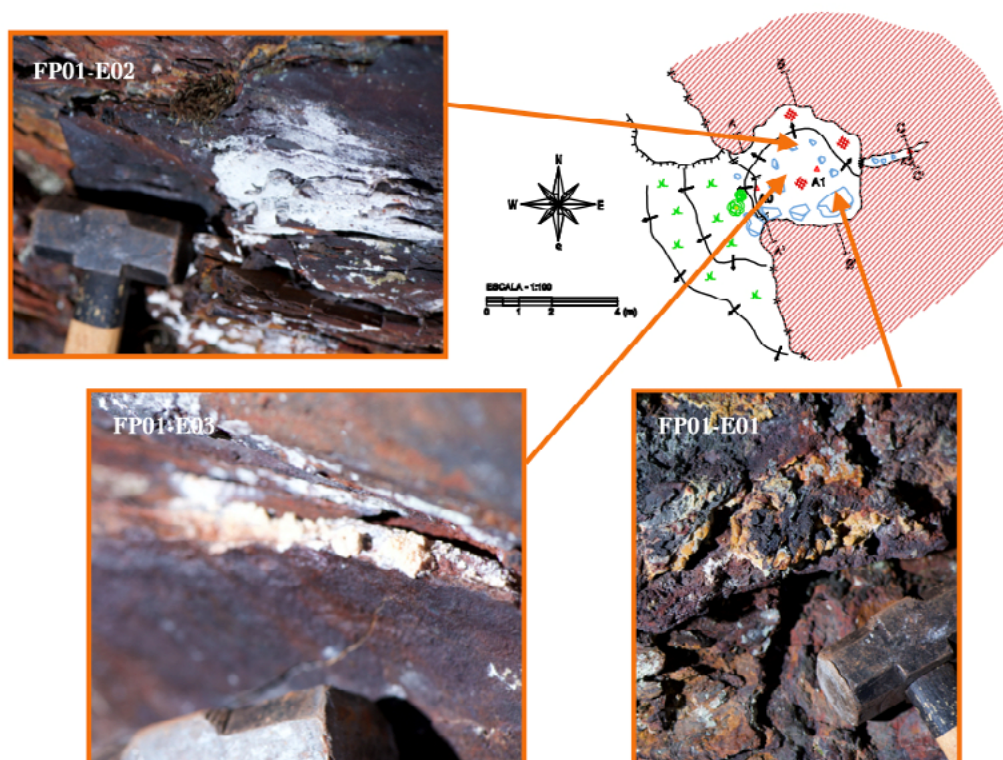
CAVIDADE	AMOSTRA		
	Código	Descrição	Fotografia
FP-01	E01	<p>Tipo: espeleotema</p> <p>Classe: microcoraloides</p> <p>Coloração: amarelo ocre a branca</p> <p>Tonalidade: clara</p> <p>Morfologia: rombuda, subcentimétrica, com corpo e extremidades arredondadas</p>	
	E02	<p>Tipo: espeleotema</p> <p>Classe: crostas brancas, possivelmente fosfáticas</p> <p>Coloração: branca</p> <p>Tonalidade: clara</p> <p>Morfologia: pulverulenta</p>	
	E03	<p>Tipo: espeleotema</p> <p>Classe: crostas brancas, possivelmente fosfáticas</p> <p>Coloração: branca</p> <p>Tonalidade: clara</p> <p>Morfologia: delgada e cristalina</p>	
FP-02	E01	<p>Tipo: espeleotema</p> <p>Classe: crostas ferruginosas</p> <p>Coloração: marrom com brilho metálico</p> <p>Tonalidade: escura</p> <p>Morfologia: delgadas, polidas;</p>	

CAVIDADE	AMOSTRA		
	Código	Descrição	Fotografia
FP-03	E02	<p>Tipo: espeleotema</p> <p>Classe: crostas ferruginosas</p> <p>Coloração: marrom com brilho fosco</p> <p>Tonalidade: clara</p> <p>Morfologia: delgadas, variegadas, descontínuas</p>	
	E01	<p>Tipo: espeleotema</p> <p>Classe: crostas ferruginosas</p> <p>Coloração: marrom, laranja e bege (variegadas) com brilho fosco</p> <p>Tonalidade: clara</p> <p>Morfologia: delgadas, localmente botrioidais, descontínuas</p>	
	E02	<p>Tipo: espeleotema</p> <p>Classe: crostas ferruginosas</p> <p>Coloração: marrom a ocre</p> <p>Tonalidade: clara a escura</p> <p>Morfologia: pulverulentas</p>	
	E03	<p>Tipo: espeleotema</p> <p>Classe: crostas ferruginosas</p> <p>Coloração: marrom com brilho metálico</p> <p>Tonalidade: escura</p> <p>Morfologia: Delgadas, polidas</p>	
	E04	<p>Tipo: espeleotema</p> <p>Classe: crostas ferruginosas</p> <p>Coloração: marrom (variegada) com brilho fosco</p> <p>Tonalidade: clara a escura</p> <p>Morfologia: delgadas, descontínuas</p>	

CAVIDADE	AMOSTRA		
	Código	Descrição	Fotografia
	R01	<p>Tipo: rocha</p> <p>Litologia: formação ferrífera bandada da Formação Cauê</p> <p>Coloração: marrom, vermelha e laranja</p> <p>Tonalidade: clara a escura</p>	
	S01	<p>Tipo: sedimentos</p> <p>Granulometria: grânulos a calhaus</p> <p>Coloração: vermelha e laranja</p> <p>Tonalidade: clara a escura</p>	
FP-04	E01	<p>Tipo: espeleotema</p> <p>Classe: crostas ferruginosas</p> <p>Coloração: laranja e branca (variegada) com brilho fosco</p> <p>Tonalidade: clara a escura</p> <p>Morfologia: delgadas, descontínuas</p>	
	E02	<p>Tipo: espeleotema</p> <p>Classe: microcoraloides</p> <p>Coloração: cinza e marrom</p> <p>Tonalidade: escura</p> <p>Morfologia: corpo rombudo com extremidades afiladas, de um a 4 mm</p>	
	E03	<p>Tipo: espeleotema</p> <p>Classe: crostas ferruginosas</p> <p>Coloração: laranja, cinza e branca (variegada) com brilho fosco</p> <p>Tonalidade: clara a escura</p> <p>Morfologia: delgadas, descontínuas</p>	

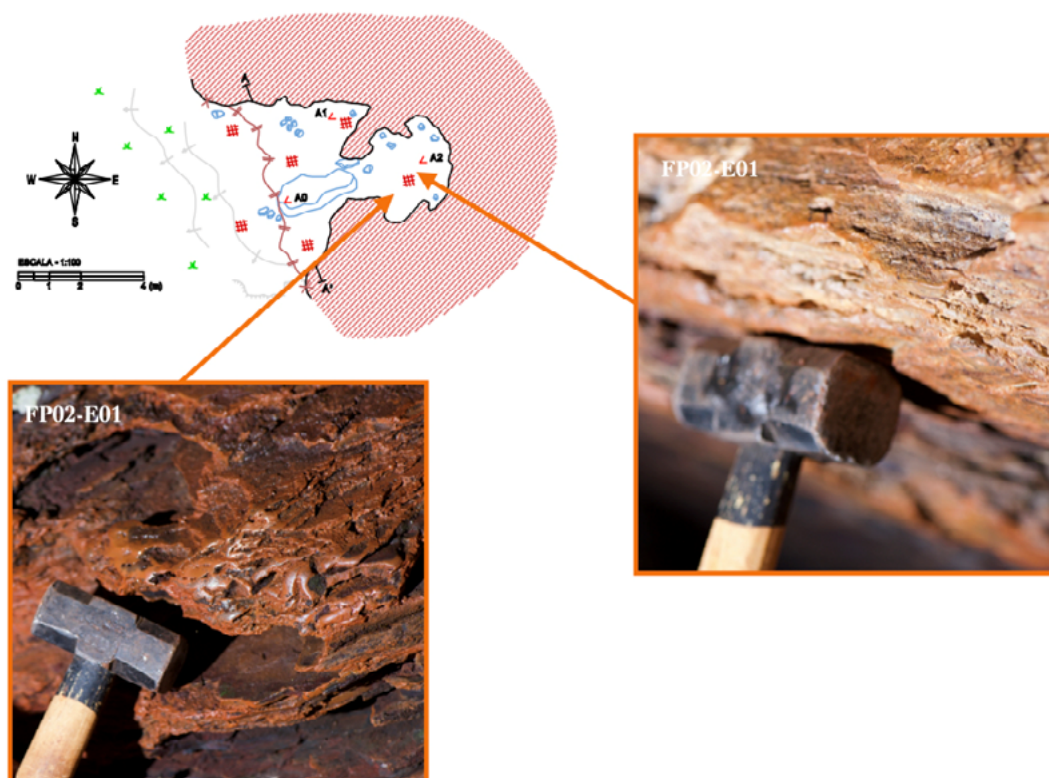
Anexo 2: localização dos pontos de coleta das amostras de cada cavidade natural subterrânea.

CAVIDADE FP-01

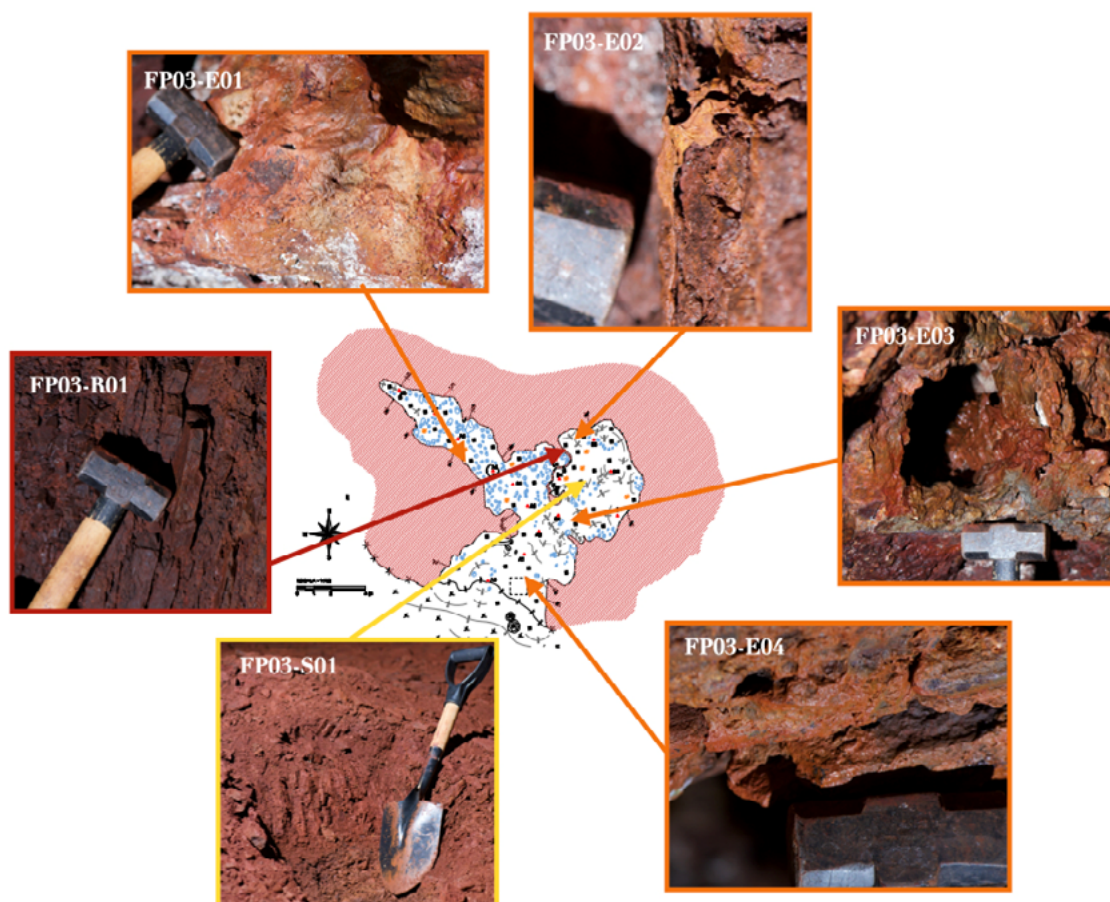


Localização dos pontos de coleta das amostras na cavidade FP-01.

CAVIDADE FP-02

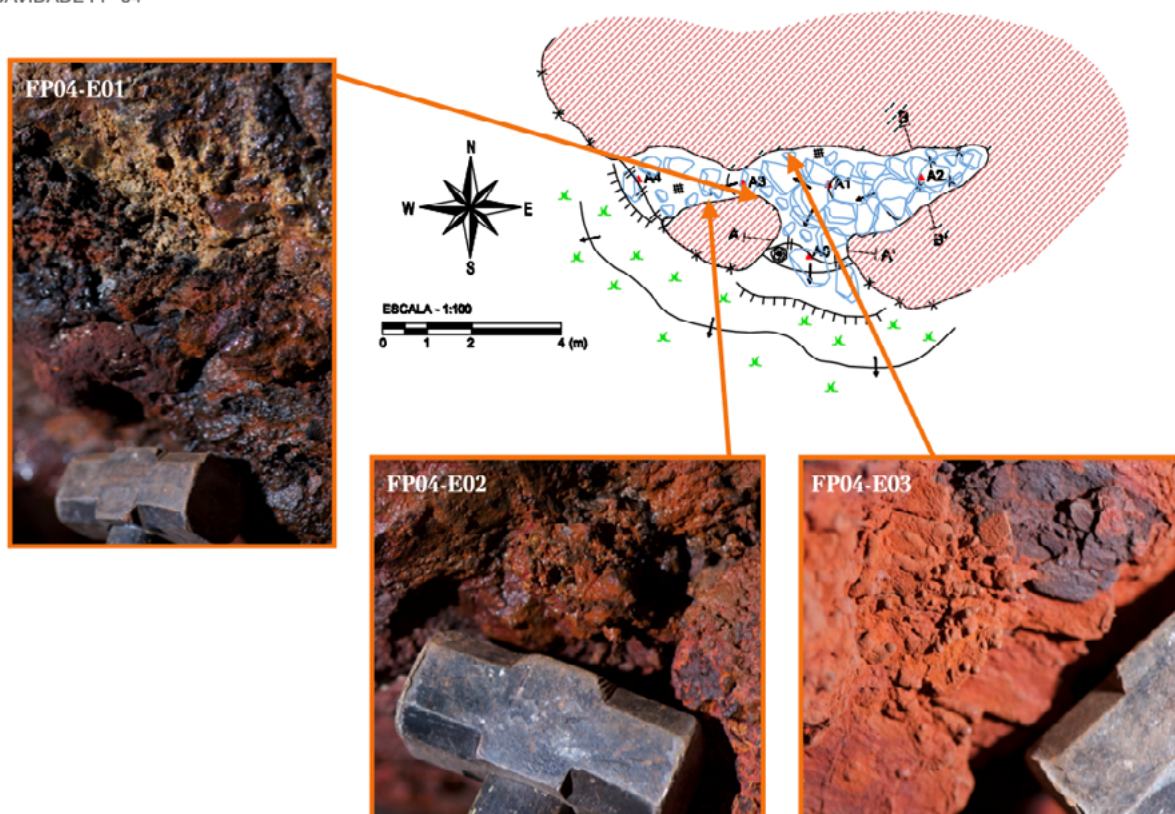


Localização dos pontos de coleta das amostras na cavidade FP-02.



Localização dos pontos de coleta das amostras na cavidade FP-03.

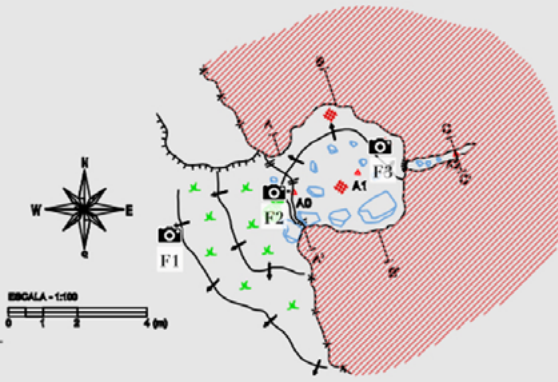
CAVIDADE FP-04






Localização dos pontos de coleta das amostras na cavidade FP-04.

Anexo 3: registro fotográfico das cavidades naturais subterrâneas alvo do resgate espeleológico.

CAVIDADE FP-01



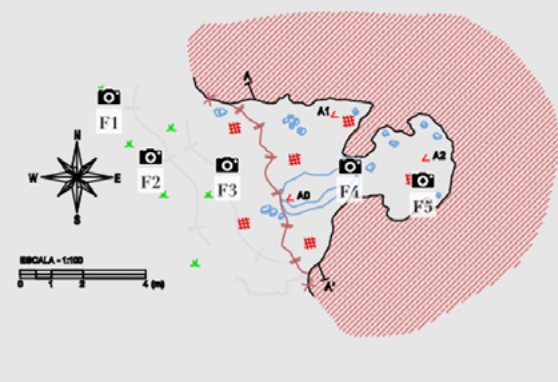
ESCALA - 1:100






<p>F1 Visada: 75° Distância focal: 14mm Abertura: f/3.5 Exposição: 1/60 ISO: 200</p>	<p>F2 Visada: 70° Distância focal: 14mm Abertura: f/3.5 Exposição: 1/60 ISO: 200</p>	<p>F3 Visada: 240° Distância focal: 14mm Abertura: f/3.5 Exposição: 1/40 ISO: 200</p>
---	---	--

Cavidade FP-01: painel de resgate fotográfico.

CAVIDADE FP-02



ESCALA - 1:100

<p>F1 Visada: 105° Distância focal: 14mm Abertura: f/3.5 Exposição: 1/40 ISO: 200</p>	<p>F2 Visada: 95° Distância focal: 14mm Abertura: f/3.5 Exposição: 1/40 ISO: 200</p>	<p>F3 Visada: 80° Distância focal: 14mm Abertura: f/3.5 Exposição: 1/40 ISO: 200</p>
<p>F4 Visada: 60° Distância focal: 14mm Abertura: f/4.5 Exposição: 1/40 ISO: 200</p>	<p>F5 Visada: 280° Distância focal: 14mm Abertura: f/4.5 Exposição: 1/40 ISO: 200</p>	

Cavidade FP-02: painel de resgate fotográfico.

CAVIDADE FP-03

F1 Visada: 305° Distância focal: 14mm Abertura: f/3.5 Exposição: 1/60 ISO: 200	F2 Visada: 15° Distância focal: 14mm Abertura: f/7.1 Exposição: 1/60 ISO: 200	F3 Visada: 100° Distância focal: 14mm Abertura: f/6.3 Exposição: 1/200 ISO: 200	F4 Visada: 240° Distância focal: 16mm Abertura: f/6.3 Exposição: 1/200 ISO: 200
F5 Visada: 250° Distância focal: 14mm Abertura: f/6.3 Exposição: 1/200 ISO: 200	F6 Visada: 220° Distância focal: 105mm Abertura: f/8 Exposição: 1/200 ISO: 200	F7 Visada: 15° Distância focal: 14mm Abertura: f/4.5 Exposição: 1/125 ISO: 200	

CAVIDADE FP-03: painel de resgate fotográfico.

CAVIDADE FP-04

F1 Visada: 25° Distância focal: 14mm Abertura: f/3.5 Exposição: 1/60 ISO: 200	F2 Visada: 95° Distância focal: 14mm Abertura: f/5.6 Exposição: 1/80 ISO: 200	F3 Visada: 95° Distância focal: 14mm Abertura: f/5.6 Exposição: 1/80 ISO: 200
F4 Visada: 325° Distância focal: 14mm Abertura: f/5,6 Exposição: 1/160 ISO: 200	F5 Visada: 285° Distância focal: 14mm Abertura: f/5.6 Exposição: 1/80 ISO: 200	

CAVIDADE FP-04: painel de resgate fotográfico.