



SUL AMERICANA DE METAIS S/A - SAM

**PROJETO VALE DO RIO PARDO
MINAS GERAIS E BAHIA**

ESTUDO DE IMPACTOS AMBIENTAIS (EIA)

MÓDULO 14 - RELATÓRIO TÉCNICO COMPLEMENTAR 03 RELATÓRIO DE VALORAÇÃO DE CAVIDADES

SUL AMERICANA DE METAIS S/A - SAM

**PROJETO VALE DO RIO PARDO
MINAS GERAIS E BAHIA**

ESTUDO DE IMPACTOS AMBIENTAIS (EIA)

**MÓDULO 14 - RELATÓRIO TÉCNICO
COMPLEMENTAR 03
RELATÓRIO DE VALORAÇÃO DE
CAVIDADES**

JUNHO DE 2012

ÍNDICE

1 - INTRODUÇÃO	13
2 - ÁREA DE ESTUDO E CONTEXTO ESPELEOLÓGICO	14
2.1 - Área de Estudo	14
2.2 - Contexto Espeleológico	20
2.3 - Enfoque local e regional	26
2.3.1 - Enfoque local	26
2.3.2 - Enfoque regional	27
3 - RESULTADOS	29
3.1 - Diagnóstico Geoespeleológico.....	29
3.1.1 - Introdução	29
3.1.2 - Procedimentos metodológicos	29
3.1.2.1 - Mapeamento.....	30
3.1.2.1.1 - Método tradicional	30
3.1.2.1.2 - Mapeamento a laser.....	31
3.1.2.1.2.1 - Equipamento	32
3.1.2.1.2.2 - Metodologia de campo	36
3.1.2.1.2.3 - Tratamento de dados.....	37
3.1.2.1.3 - Análise espeleométrica	41
3.1.2.1.4 - Análise litológica e estrutural.....	43
3.1.2.1.5 - Análise morfológica	43
3.1.2.1.6 - Análise hidrológica	46
3.1.2.1.7 - Análise de depósitos clásticos.....	46
3.1.2.1.8 - Análise paleontológica	47
3.1.3 - Contexto geológico-geomorfológico	47
3.1.3.1 - Contexto geológico regional	47
3.1.3.2 - Contexto geológico local.....	49
3.1.3.3 - Contexto geomorfológico regional	51
3.1.3.4 - Contexto geomorfológico local.....	52
3.1.3.5 - Inserção das cavernas no contexto geológico-geomorfológico.....	53
3.1.4 - Descrição das cavernas	54
3.1.4.1 - Caverna 008	54
3.1.4.2 - Caverna 039	56
3.1.4.3 - Caverna 045	59
3.1.4.4 - Caverna 046	60
3.1.4.5 - Caverna 050	62
3.1.4.6 - Caverna 052	63
3.1.4.7 - Caverna 053	65
3.1.4.8 - Caverna 059	67
3.1.4.9 - Caverna 071	70
3.1.4.10 - Caverna 072	71
3.1.4.11 - Caverna 090	74
3.1.4.12 - Caverna 099	76
3.1.4.13 - Caverna 110	79
3.1.4.14 - Caverna 112	82
3.1.4.15 - Caverna 117	84
3.1.4.16 - Caverna 121	85
3.1.4.17 - Caverna 124	87
3.1.4.18 - Caverna 126	89
3.1.4.19 - Caverna 130	90
3.1.4.20 - Caverna 134	92
3.1.4.21 - Caverna 135	93
3.1.4.22 - Caverna 144	96
3.1.4.23 - Cavidade 150.....	97
3.1.4.24 - Cavidade 151.....	99
3.1.4.25 - Cavidade 152.....	101
3.1.5 - Análise dos Resultados.....	105
3.1.5.1 - Espeleometria.....	105
3.1.5.2 - Inserção das cavernas na paisagem	111
3.1.5.3 - Aspectos litológicos e estruturais.....	116

3.1.5.4 - Morfologia e Feições.....	122
3.1.5.4.1 - Morfologia	122
3.1.5.4.2 - Feições	125
3.1.5.5 - Hidrologia	131
3.1.5.6 - Depósitos clásticos e orgânicos.....	133
3.1.5.7 - Depósitos químicos	135
3.1.5.8 - Aspectos espeleogenéticos	136
3.1.5.9 - Registros paleontológicos.....	138
3.1.5.10 - Aspectos estéticos, religiosos, cênicos e visitação	139
3.1.6 - Considerações finais	139
3.2 - Diagnóstico bioespeleológico.....	139
3.2.1 - Introdução	139
3.2.2 - Invertebrados	142
3.2.2.1 - Procedimentos Metodológicos	142
3.2.2.2 - Resultados.....	148
3.2.3.2.1 - Caracterização das cavidades	148
3.2.3.2.2 - Considerações sobre a fauna inventariada	157
3.2.3.2.3 - Análises	177
3.2.3.2.4 - Considerações finais	183
3.2.3 - Quirópteros	183
3.2.3.1 - Procedimentos Metodológicos	183
3.2.3.2 - Resultados.....	187
3.2.3.2.1 - Dados secundários.....	187
3.2.3.2.2 - Dados primários cavidades	193
3.2.3.2.3 - Espécies ameaçadas, migratórias, bioindicadoras e de valor sanitário e econômico	206
3.2.3.2.4 - Considerações finais.....	207
3.3 - Diagnóstico arqueológico.....	207
3.3.1 - Introdução	207
3.3.2 - Procedimentos metodológicos	208
3.3.3 - Levantamento de dados secundários	210
3.3.3.1 - Breve caracterização histórica e pré-histórica.....	210
3.3.3.2 - Sítios pesquisados em trabalhos anteriores	210
3.3.3.2.1 - Sítios registrados no Cadastro Nacional de Sítios Arqueológicos - IPHAN	210
3.3.3.2.2 - Sítios registrados na Barragem do Rio Vacaria	211
3.3.3.2.3 - Patrimônio associado a áreas de formações ferríferas.....	211
3.3.3.3 - Levantamento de dados primários	213
3.3.3.3.1 - Ocorrências arqueológicas.....	213
3.3.3.3.2 - Caverna 039.....	213
3.3.3.3.3 - Caverna 072.....	214
3.3.3.3.4 - Considerações Finais	217
4 - VALORAÇÃO DAS CAVIDADES	218
4.1 - Classificação das cavidades quanto ao grau de relevância	218
4.1.1 - Classificação das cavidades em grau de relevância máxima	218
4.1.2 - Classificação das cavidades em grau de relevância alta, média e baixa	223
4.1.2.1 - Chave de classificação do grau de relevância de cavidades naturais subterrâneas	223
4.1.2.1.1 - Importância sob o enfoque regional	224
4.1.2.1.1.1 - Importância acentuada	224
4.1.2.1.1.2 - Importância significativa	233
4.1.2.1.1.3 - Importância baixa	238
4.1.2.1.2 - Importância sob o enfoque local.....	238
4.1.2.1.2.1 - Importância acentuada	238
4.1.2.1.2.2 - Importância significativa	245
4.1.2.1.2.3 - Importância baixa	252
4.2 - Resumo da valoração das cavidades	252
4.3 - Conclusões.....	254
5 - REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	256
6 - GLOSSÁRIO	265

ANEXOS	269
ANEXO 01 (RTC 03) - FICHAS DE GEOESPELEOLOGIA DAS CAVERNAS.....	271
ANEXO 02 (RTC 03) - MAPAS DAS CAVERNAS	273
ANEXO 03 (RTC 03) - ESTUDO PALEONTOLÓGICO.....	275
ANEXO 04 (RTC 03) - LOCALIZAÇÃO DAS CAVIDADES NO MAPA DE GEOLOGIA LOCAL DO COMPLEXO MINERÁRIO	277
ANEXO 05 (RTC 03) - LISTA DE ESPÉCIES (TROGLÓBIOS)	279
ANEXO 06 (RTC 03) - PLANILHA DE DADOS DAS COLETAS (QUIRÓPTEROS).....	281
ANEXO 07 (RTC 03) - MAPA DE LOCALIZAÇÃO DAS CAVIDADES VALORADAS NO COMPLEXO MINERÁRIO	283

Quadros

QUADRO 2.1 - Cavidades naturais subterrâneas alvo do presente estudo de relevância.....	17
QUADRO 2.2 - Cavidades naturais subterrâneas consideradas como referência pelo estudo.....	18
QUADRO 2.3 - Cavernas em diamictito registradas por SPOLARE (2005) no Cadastro Nacional de Cavernas do Brasil (CNC) da Sociedade Brasileira de Espeleologia (SBE, 2010; 2011; 2012).....	20
QUADRO 2.4 - Registro da Caverna Mocororô em metadiamictito, identificada no Cadastro Nacional de Cavernas do Brasil (CNC) da Sociedade Brasileira de Espeleologia (SBE, 2010)	21
QUADRO 2.5 - Registro da Caverna do Mocororô em Metadiamictito identificada na Região em Estudo na Base de Dados Geoespacializados das Cavernas do Brasil do CECAV (2012)	22
QUADRO 2.6 - Cavidades (exceto Caverna do Mocororô) mais próximas da área de estudo, registradas na Base de Dados Geoespacializados das Cavernas do Brasil (CECAV, 2012)	23
QUADRO 2.7 - Cavidades regionais identificadas na etapa de prospecção do Projeto Vale do Rio Pardo	25
QUADRO 2.8 - Cavidades menores que cinco metros identificados na área do complexo minerário.....	25
QUADRO 3.1 - Cavernas com topografia a laser	32
QUADRO 3.2 - Cavidades estudadas na amostra local	105
QUADRO 3.3 - Caverna do Mocororô, estudada de forma a compor a amostra regional.....	106
QUADRO 3.4 - Cálculos espeleométricos para as cavidades da amostra local e da amostra regional	106
QUADRO 3.5 - Dados espeleométricos de cavidades do Quadrilátero Ferrífero, usada para fins de comparação (PILÓ & AULER, 2006 <i>apud</i> AMPLO, 2009).....	109
QUADRO 3.6 - Comparação entre os dados espeleométricos de amostra de cavidades do Quadrilátero Ferrífero e das 25 cavidades estudadas na amostra local da área do complexo minerário da Sul Americana de Metais.....	111
QUADRO 3.7 - Classificação das 25 cavidades estudadas quanto aos padrões morfológicos, em planta, definidos para a área de estudo	123
QUADRO 3.8 - Sítios espeleológicos amostrados quanto à bioespeleologia	142
QUADRO 3.9 - Recursos tróficos presentes nas cavidades estudadas no complexo minerário do Projeto Vale do Rio Pardo.	150
QUADRO 3.10 - Registros dos táxons troglomórficos nas cavidades do Projeto Vale do Rio Pardo.....	177

QUADRO 3.11 - Riqueza absoluta (S = período seco; U = período úmido; C = comuns às duas campanhas; T = total) e resultado da análise de abundância (% de espécies que apresentam abundância alta para o período seco = S e úmido = U) para as cavidades estudadas no Projeto Vale do Rio Pardo. As cores representam riqueza alta (vermelha), média (laranja) e baixa (amarela)	177
QUADRO 3.12 - Lista de dados secundários para o norte de Minas Gerais (TAVARES <i>et al.</i> , 2010)	188
QUADRO 3.13 - Lista de cavidades e afloramentos analisados no estudo	193
QUADRO 3.14 - Lista de espécies coletadas nas cavidades	197
QUADRO 3.15 - Lista de espécies coletadas em rede na área das cavidades	197
QUADRO 3.16 - Índices de dominância de Simpson (D), diversidade de Shannon (H') e equitabilidade de Pielou (J)	203
QUADRO 3.17 - Matriz de Similaridade (Bray-Curtis)	203
QUADRO 3.18 - Sítios Arqueológicos registrados na área de estudo e entorno	211
QUADRO 3.19 - Sítios Arqueológicos identificados na área de estudo e entorno	211
QUADRO 3.20 - Sítios arqueológicos.....	213
QUADRO 4.1 - Quadro resumo dos atributos na classificação da cavidade como de relevância máxima	219
QUADRO 4.2 - Quadro resumo dos atributos considerados na classificação das cavidades como de importância acentuada sob o enfoque regional	225
QUADRO 4.3 - Parâmetros espeleométricos das cavernas no enfoque regional	231
QUADRO 4.4 - Parâmetros espeleométricos das cavernas no enfoque regional	232
QUADRO 4.5 - Quadro resumo dos atributos considerados na classificação das cavidades como de importância significativa sob o enfoque regional	234
QUADRO 4.6 - Quadro resumo dos atributos considerados na classificação das cavidades como de importância acentuada sob o enfoque local.....	240
QUADRO 4.7 - Quadro resumo dos atributos considerados na classificação das cavidades como de importância significativa sob o enfoque local	246
QUADRO 4.8 - Síntese da relevância das cavernas do complexo minerário (Bloco 8)	252

Figuras

FIGURA 2.1 - Localização do complexo minerário (Bloco 8) da Sul Americana de Metais nos municípios de Grão Mogol e Padre Carvalho, norte de Minas Gerais	14
FIGURA 2.2 - Prospecção espeleológica realizada na área do complexo minerário (Bloco 8) e seu entorno de 250 metros.	15
FIGURA 2.3 - Localização das cavernas analisadas no contexto regional	19
FIGURA 2.4 - Cavidades mais próximas da área de estudo, registradas na Base de Dados Geoespacializados das Cavernas do Brasil (CECAV, 2012)	24

FIGURA 2.5 - Ocorrência do Grupo Macaúbas Meridional, com a localização das cavernas deste estudo. Adaptado e interpretado a partir de UHLEIN & CHAVES (2001), Províncias Espeleológicas do CECAV (2012) e Projeto Espinhaço (MOURÃO & GROSSI-SAD, 1997).	28
FIGURA 3.1 - Exemplo do processo de digitalização de mapa espeleológico no <i>software</i> AutoCAD2. As linhas de trena (em verde), sobrepostas ao croqui de campo, dão embasamento à digitalização.....	31
FIGURA 3.2 - Laser Scanner Zoller Frohlich modelo Z+F IMAGER 5006h	33
FIGURA 3.3 - Imagem da nuvem de pontos de uma leitura realizada no interior da caverna 072 - complexo minerário	35
FIGURA 3.4 - Processamento dos dados no Software LFM Register.....	37
FIGURA 3.5 - Processamento dos dados no Software RiscanPRO, nuvens de pontos registradas.....	38
FIGURA 3.6 - Processamento dos dados no Auto CAD Civil 3 D	39
FIGURA 3.7 - Geração do sólido a partir da interpolação da nuvem de pontos.....	39
FIGURA 3.8 - A figura “A” representa o sólido com a definição do plano de corte longitudinal, já na “B” está o sólido recortado	40
FIGURA 3.9 - Princípio da continuidade e descontinuidade	42
FIGURA 3.10 - Padrão morfológico definido por PALMER (1991) para cavidades em carbonato.	44
FIGURA 3.11 - Padrões morfológicos planimétricos para as cavernas em rochas ferríferas da região de Carajás, Pará: a) Câmaras Irregulares e b) Retilínea (PILÓ & AULER, 2009).....	44
FIGURA 3.12 - Padrões morfológicos planimétricos para as cavernas em rochas ferríferas da região de Apolo, na Serra do Gandarela, Quadrilátero Ferrífero-MG: a) Retilínea; b) Espongiforme; c) Abrigo (AMPLO, 2009).	45
FIGURA 3.13 - Padrões morfológicos identificados nas cavidades descritas por CARMO <i>et al.</i> (2011a): a) Irregular, b) Retilíneo e c) Abrigo	45
FIGURA 3.14 - Formações do Grupo Macaúbas e localização da Área de Estudo (modificado de PEDROSA-SOARES <i>et al.</i> , 2010)	48
FIGURA 3.15 - Coluna estratigráfica do Grupo Macaúbas (PEDROSA-SOARES <i>et al.</i> , 2007)	50
FIGURA 3.16 - Distribuição das projeções horizontais, por classes de tamanho, das cavernas estudadas na amostra local	107
FIGURA 3.17 - Distribuição das projeções horizontais das cavernas estudadas para a amostra local.....	107
FIGURA 3.18 - Volume das cavidades da amostra local	108
FIGURA 3.19 - Distribuição das cavernas de acordo com sua posição na vertente	112
FIGURA 3.20 - Perfil esquemático da inserção das cavidades na paisagem	112
FIGURA 3.21 - Distribuição das cavernas em relação à unidade de relevo local	113
FIGURA 3.22 - Distribuição das cavidades em relação às litologias sob as quais estão inseridas	117
FIGURA 3.23 - Ocorrência das estruturas mais comuns nas cavernas da região	120
FIGURA 3.24 - Diagrama de rosetas dos azimutes dos condutos das cavidades presentes nas bordas do corpo mineralizado. As setas vermelhas indicam as direções preferenciais.....	121

FIGURA 3.25 - Diagrama de rosetas dos planos das fraturas e falhas do complexo minerário. As setas vermelhas indicam as direções preferenciais.	121
FIGURA 3.26 - Distribuição dos padrões morfológicos em planta definidos para as 25 cavidades estudadas.....	123
FIGURA 3.27 - Exemplos das morfologias em planta definidas para as cavernas da área de estudo.	124
FIGURA 3.28 - Exemplo de seção triangular nas cavernas 039, 045 e 99, respectivamente	124
FIGURA 3.29 - Distribuição em relação ao piso das cavidades.....	125
FIGURA 3.30 - Exemplo de piso aplainado identificado nas Cavernas 110 e 059 respectivamente	126
FIGURA 3.31 - Ocorrência das feições morfológicas nas cavernas estudadas	126
FIGURA 3.32 - Exemplo de canálculos nas porções distais da caverna 112.....	129
FIGURA 3.33 - Exemplo de pilar na Caverna 072, segregando a cavidade.	130
FIGURA 3.34 - Distribuição dos processos hidrológicos observados	132
FIGURA 3.35 - Distribuição dos depósitos clásticos e orgânicos observados	135
FIGURA 3.36 - Ocorrência de depósitos químicos nas cavernas estudadas.....	136
FIGURA 3.37 - Fichas bioespeleológicas utilizadas nas atividades de campo	145
FIGURA 3.38 - Número de cavidades com presença dos diferentes tipos de substratos orgânicos.....	151
FIGURA 3.39 - Número de morfoespécies registrado para cada cavidade com indicação dos táxons recorrentes em ambos os inventários (vermelho).....	178
FIGURA 3.40 - Curva de acumulação de espécies considerando a totalidade das cavidades estudadas: período seco (acima, n=33); período úmido (abaixo, n=30).....	179
FIGURA 3.41 - Dendrograma da análise de similaridade da fauna das 27 cavidades estudadas no período seco (índice de similaridade de Jaccard; coeficiente de correlação = 0,7188)	181
FIGURA 3.42 - Dendrograma da análise de similaridade da fauna das 27 cavidades estudadas no período úmido (índice de similaridade de Jaccard; coeficiente de correlação = 0,7459)	182
FIGURA 3.43 - Percentual de Riqueza por Guilda Alimentar.....	195
FIGURA 3.44 - Diversidade de guildas alimentares por cavidade	196
FIGURA 3.45 - Riqueza por cavidade	199
FIGURA 3.46 - Riqueza por cavidade e por sazonalidade	200
FIGURA 3.47 - Abundância relativa (n/N).....	201
FIGURA 3.48 - Abundância absoluta por cavidade	201
FIGURA 3.49 - Similaridade entre as cavidades estudadas (Bray-Curtis).....	204
FIGURA 3.50 - Riqueza estimada (Jackknife 1) e riqueza observada (SObs)	206
FIGURA 3.51 - Ficha de levantamento arqueológico.....	209
FIGURA 4.1 - Chave de classificação do grau de relevância de cavidades naturais subterrâneas	223

EMPRESA RESPONSÁVEL PELO ESTUDO DE IMPACTOS AMBIENTAIS			
Razão social:	BRANDT MEIO AMBIENTE LTDA.	http:	www.brandt.com.br
CNPJ:	71.061.162/0001-88	Diretor Operacional:	Sergio Avelar
CTF no IBAMA nº 197484			
Nova Lima / MG - Alameda do Ingá, 89 - Vale do Sereno - 34 000 000 - Nova Lima - MG Tel (31) 3071 7000 - Fax (31) 3071 7002 - bma@brandt.com.br			
RESPONSÁVEIS TÉCNICOS PELO ESTUDO DE IMPACTOS AMBIENTAIS			
Técnico	Formação / Registro Profissional	CTF no IBAMA	Responsabilidade no EIA
Flavia Pellegatti Franco	Bióloga CRBIO 56138-4D	2391369	Levantamento bioespeleológico Valoração bioespeleológica das cavernas
Dr. Francisco Sekiguchi Buchmann	Geólogo / Paleontólogo Professor doutor da Universidade Estadual Paulista	-	Estudo Paleontológico Complementar com foco na ocorrência de Paleotocas
Lília Senna Horta	Bióloga CRBIO 13071-4D	268012	Coordenação e integração dos estudos de valoração espeleológica.
Marcelo Henrique Marcos	Biólogo CRBio 030809/04-D	218759	Levantamento de campo estação seca do complexo e das cavidades e dos seus respectivos relatórios
Ricardo França Silva	Estudante de Biologia.	01781009	Levantamento de quirópteros.
Rodrigo Remigio Liberal	Geógrafo / Espeleólogo CREA MG 120070/D	5455583	Prospecção espeleológica, topografia de cavidades.
Yuri Okawara Stávale	Geógrafa / Espeleóloga CREA MG 111896/D	4770224	Revisão do diagnóstico de geoespeleologia.
PRODUÇÃO GRÁFICA	Gustavo Freitas	Assistente de produção	
	Leonardo Ferreira	Assistente de produção	
	Eli Lemos	Gerenciamento / edição	
Auxiliares de campo	Bioespeleologia	Msc. Denis Rafael Pedroso Biólogo	
		Msc. Marco Cesar Silveira Biólogo	

COORDENADORES RESPONSÁVEIS PELO RELATÓRIO TÉCNICO COMPLEMENTAR 03			
Técnico	Formação / Registro Profissional	CTF no IBAMA	Responsabilidade
Lília Senna Horta	Bióloga CRBIO 13071-4D	268012	Coordenação e integração dos estudos de valoração espeleológica.

ASSINATURAS E RUBRICAS DOS COORDENADORES DO MÓDULO 6		
Responsável Técnico	Assinatura	Rubrica
Lília Senna Horta		

As ART's e CTF's dos Coordenadores do RTC 03 do Estudo de Impactos Ambientais (EIA) podem ser encontradas no Anexo 03 do Módulo 1 do EIA.

1 - INTRODUÇÃO

As cavidades naturais subterrâneas são protegidas em âmbito federal por diferentes normativas. A Constituição Federal de 1988 as aponta como bens da União (artigo 20 inciso X), sendo o Centro Nacional de Estudo, Proteção e Manejo de Cavernas (CECAV), do Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade (ICMBio), o órgão responsável pela proteção e manejo das cavernas, conforme Portaria IBAMA nº 57 de 1997. Os órgãos estaduais responsáveis pelo licenciamento ambiental têm competência concorrente com a esfera federal na apreciação de relatórios espeleológicos.

Em coerência com o exposto na Carta Magma, a Portaria IBAMA nº 887 de 1990 e a Resolução CONAMA nº 347 de 2004 (que atualiza e revoga a Resolução CONAMA nº 05 de 1987) tornam obrigatória a elaboração de Estudo de Impacto Ambiental para atividades localizadas em áreas de potencial espeleológico. Enquanto que o Decreto Federal nº 99.556 de 1990, alterado pelo Decreto Federal nº 6.640 de 2008, aponta que as cavernas existentes no território nacional devem ser protegidas e determina os critérios de classificação destas em graus de relevância, a metodologia é estabelecida pela Instrução Normativa do Ministério do Meio Ambiente IN/MMA nº 2 de 2009. Cabe ainda ressaltar que as cavidades apresentam entorno de proteção de 250 metros, definido pela Portaria IBAMA nº 887/1990 e pela Resolução CONAMA 347/2004.

Este documento apresenta os levantamentos e avaliações referentes aos estudos espeleológicos para relevância de 25 cavidades naturais subterrâneas, estando 23 cavidades situadas na Área Diretamente Afetada pelo complexo minerário (Bloco 8) do empreendimento da empresa Sul Americana de Metais e em seu entorno de 250 metros. Outras duas cavidades estão localizadas na Área de influência Indireta do projeto e foram estudadas para compor a amostra local. Para composição da amostra regional, foram utilizados dados levantados em três outras cavidades, sendo uma no vale do rio Peixe Bravo (Caverna do Mocarorô) e duas no vale do ribeirão Santana, na parte sul da adutora (Caverna Boca Soberba e Tocaia de Paca).

As cavidades naturais objeto do estudo de relevância ora exposto conformam as feições subterrâneas (endocársticas) levantadas pela Prospecção Espeleológica do Estudo de Impacto Ambiental do empreendimento, que integra o Anexo 26 do Módulo 6 do relatório.

Os levantamentos compreenderam o mapeamento, levantamento geoespeleológico, paleontológico, arqueológico, cultural e bioespeleológico.

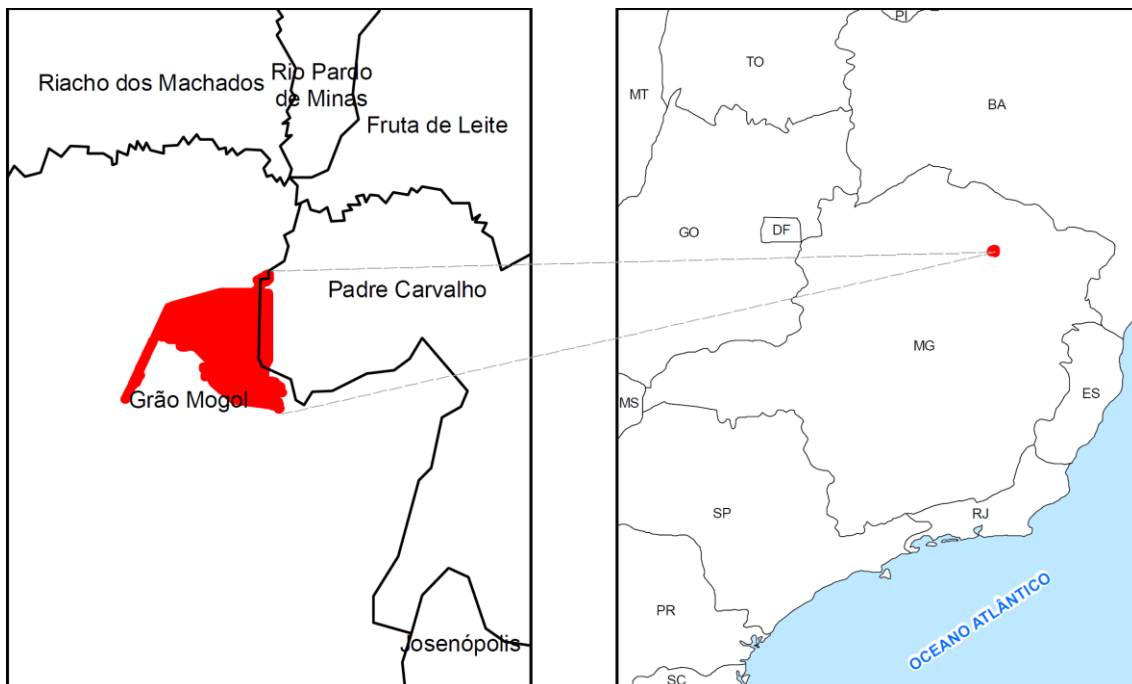
Para a valoração das cavidades foi seguida a Instrução Normativa do Ministério do Meio Ambiente IN/MMA nº 2, de 20 de agosto de 2009, e Decreto Federal 6640, de 07 de novembro de 2008. As coletas de fauna foram autorizadas pelo IBAMA de acordo com a Licença emitida nº 116/2011.

2 - ÁREA DE ESTUDO E CONTEXTO ESPELEOLÓGICO

2.1 - Área de Estudo

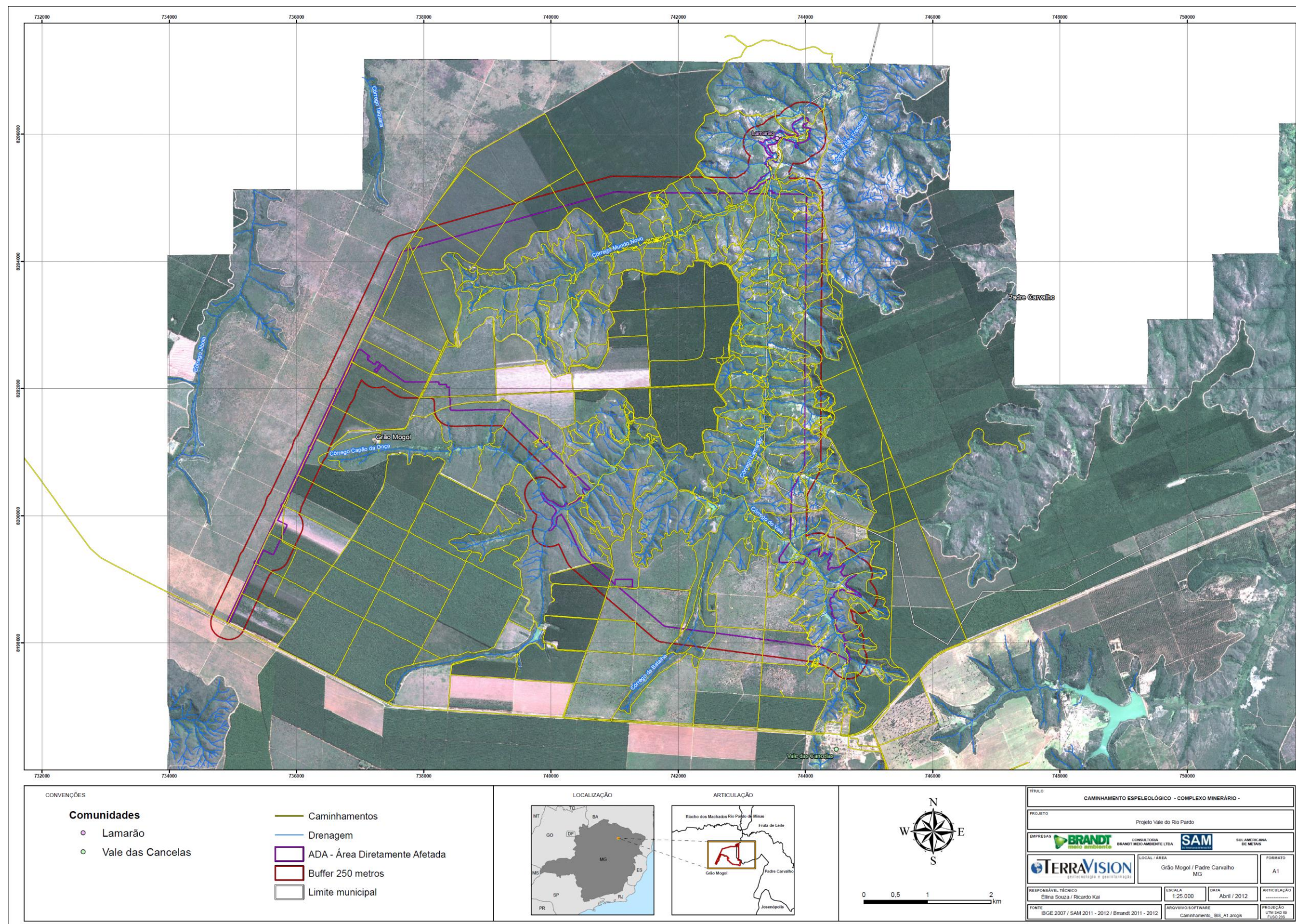
A área de estudo do presente relatório de relevância se situa no norte de Minas Gerais, nos municípios de Grão Mogol e Padre Carvalho, conforme exposto na figura 2.1.

FIGURA 2.1 - Localização do complexo minerário (Bloco 8) da Sul Americana de Metais nos municípios de Grão Mogol e Padre Carvalho, norte de Minas Gerais



Os estudos espeleológicos na área do Projeto Vale do Rio Pardo, localizado nos estados de Minas Gerais e Bahia, tiveram início com a prospecção nas áreas das estruturas do projeto: complexo minerário, adutora, mineroduto e estação de desagüamento. A prospecção exaustiva realizada na área do complexo minerário (Bloco 8), como mostra a figura 2.2, resultou na identificação de cavidades na área de interesse do projeto. O estudo de Prospecção Espeleológica completo se encontra no Anexo 26 do Módulo 6 do presente Estudo de Impacto Ambiental.

FIGURA 2.2 - Prospecção espeleológica realizada na área do complexo minerário (Bloco 8) e seu entorno de 250 metros.



As 25 cavidades em litologia metadiamicrito, identificadas pela Prospecção Espeleológica na área de interesse do complexo mineral (Bloco 8) da empresa Sul Americana de Metais e em seu entorno de 250 metros (Portaria IBAMA nº 887/1990 e Resolução CONAMA 347/2004) foram objeto deste estudo, tendo sido a amostra regional complementada pelas três cavidades fora da área de influência do empreendimento (Mocororô, Boca Soberba e Tocaia de Paca). O quadro 2.1 a seguir traz a nomenclatura e coordenadas das cavidades.

Adicionalmente para os estudos de bioespeleologia foram ainda amostradas algumas reentrâncias identificadas pela prospecção espeleológica na área do projeto.

Cabe salientar que a nomenclatura das cavidades não apresenta coerência ordinária, mas sim o nome dado ao ponto da prospecção, ou seja, a existência da caverna 152 não significa que haja outras 151 cavidades na área, mas sim que houveram antes dessa cavidade ser descoberta 151 pontos de controle do caminhamento espeleológico. A descrição de todos os pontos de caminhamento integra o item Prospecção Espeleológica, contido no Anexo 26 do Módulo 6 deste Estudo de Impacto Ambiental.

QUADRO 2.1 - Cavidades naturais subterrâneas alvo do presente estudo de relevância

IDENTIFICAÇÃO	COORDENADAS UTM / FUSO 23K	
	UTM E	UTM N
Caverna 008	741215	8201524
Caverna 039	743067	8200597
Caverna 045	741682	8205021
Caverna 046	741681	8204958
Caverna 050	744314	8201710
Caverna 052	742984	8202700
Caverna 053	744398	8201590
Caverna 059	741066	8204152
Caverna 071	742980	8203082
Caverna 072	742071	8200970
Caverna 090	743174	8200667
Caverna 099	743563	8199064
Caverna 110	743182	8199933
Caverna 112	741375	8204331
Caverna 117	741273	8204220
Caverna 121	741315	8204207
Caverna 124	741653	8204344
Caverna 126	741754	8204339
Caverna 130	741330	8204237
Caverna 134	743353	8201783
Caverna 135	743310	8201634

Continuação

IDENTIFICAÇÃO	COORDENADAS UTM / FUSO 23K	
	UTM E	UTM N
Caverna 144	742960	8202952
Cavidade 150	741613	8201225
Cavidade 151	741590	8201187
Cavidade 152	743558	8199155

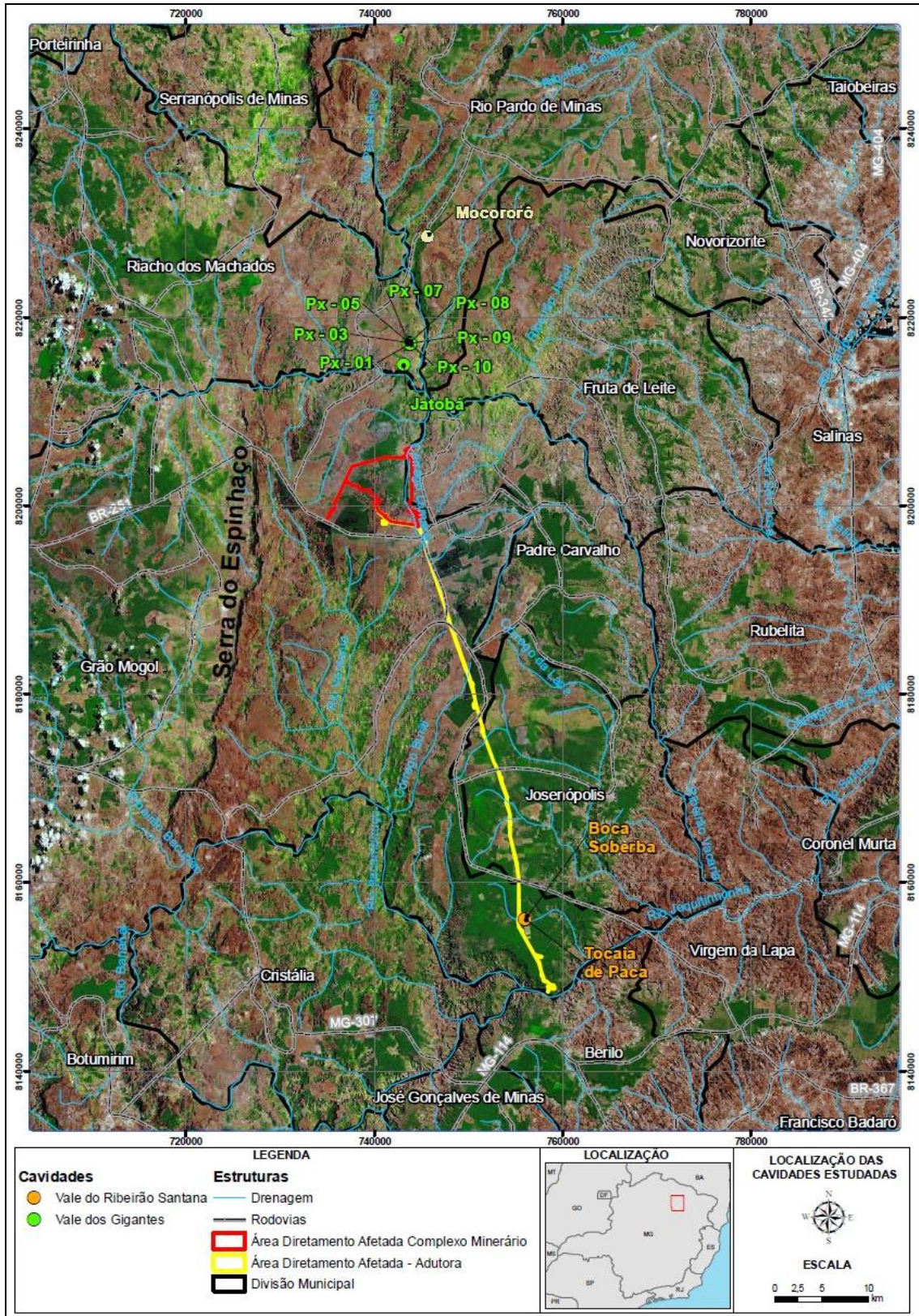
Outras três cavidades foram identificadas na etapa de Prospecção Espeleológica do projeto: caverna Boca Soberba e caverna Tocaia de Paca, no vale do ribeirão Santana, afluente da margem esquerda do rio Jequitinhonha e próximo à área de influência da adutora, e Caverna do Mocarorô, no vale do rio Peixe Bravo, as coordenadas encontram-se apresentadas no Quadro 2.2. A Figura 2.3 mostra a localização dessas cavernas, também estão indicadas na figura as cavernas identificadas no Vale dos Gigantes em fase de estudo pela Sul Americana de Metais.

QUADRO 2.2 - Cavidades naturais subterrâneas consideradas como referência pelo estudo

IDENTIFICAÇÃO	COORDENADAS UTM / FUSO 23K		Projeção horizontal (m)
	UTM E	UTM N	
Caverna Boca Soberba	756105	8156155	120,32
Caverna Tocaia da Paca	756044	8156711	67,44
Cavidade Mocarorô	745721	8228605	96,55

De forma a não causar impactos nas cavidades encontradas na área de estudo, a adutora foi desviada e por tal motivo as cavidades Boca Soberba e Tocaia de Paca não entraram no estudo de relevância ora apresentado para o empreendimento, tendo sido analisadas apenas como amostra regional para temas específicos durante a valoração.

FIGURA 2.3 - Localização das cavernas analisadas no contexto regional



2.2 - Contexto Espeleológico

Cavernas e feições cársticas podem ser encontradas em diferentes litologias. As rochas mais propícias à carstificação são as carbonáticas, em função do alto grau de solubilidade e acentuada resistência mecânica, garantindo a manutenção dos vazios. Acredita-se que cerca de 90% das cavernas conhecidas no mundo se desenvolveram em rochas desse tipo (AULER, 2006).

Ocorrências em litologias siliciclásticas, como arenitos e quartzitos, e em menor escala em granitos, gnaisses, solos e rochas metamórficas variadas, como mica xistos e filitos, também são encontradas. A recente comprovação da susceptibilidade de áreas de minério de ferro à formação de cavernas adiciona um componente ao contexto espeleológico brasileiro (AULER *et. al.*, 2005).

Estudos e registros de cavernas em diamictitos e metadiamictitos são raros no país. A primeira publicação que faz referência ao tema foi de SPOLADORE (2005), a qual referenciou a existência de sete cavernas em diamictito no município de Ventania, Estado do Paraná. Essa publicação, no entanto, se resume ao registro das cavidades, trazendo apenas as informações referentes ao nome, município, litologia e fotografia. Quatro dessas sete cavernas encontram-se registradas no Cadastro Nacional de Cavernas do Brasil (CNC) da Sociedade Brasileira de Espeleologia (SBE, 2010; 2011; 2012) conforme mostra o quadro a seguir (Quadro 2.3).

QUADRO 2.3 - Cavernas em diamictito registradas por SPOLADORE (2005) no Cadastro Nacional de Cavernas do Brasil (CNC) da Sociedade Brasileira de Espeleologia (SBE, 2010; 2011; 2012)

Nº SBE	Nome	Município / Localidade	UTM	Referência	Litologia	Desenv. (m)*		Desenv. (m)	Grau/ Sistema
						PH	DL		
PR-254	Caverna da Torre 2	Ventania / Moquém	Zona22k E580640 N7339798	Angelo Spoladore	diamictito	PH	150	1	4D / UIS
						DL	174		
PR-258	Gruta do Quinhão 75	Ventania / Moquém	Zona22k E572055 N7348873	Angelo Spoladore	diamictito	PH	39	2	4D / UIS
						DL	43,5		
PR-261	Toca Caruana 01	Ventania / Fazenda Caruana	Zona22k E577226 N7346083	Angelo Spoladore	diamictito	PH	15,5	1	4D / IUS
						DL	17		
PR-262	Caverna Caruana 03	Ventania / Faz. Caruana	Zona22k E057829 N7345608	Angelo Spoladore	diamictito	PH	35	-	4D / UIS
						DL	39,5		

*Legenda: PH - Projeção horizontal; DL - Desenvolvimento linear

Em 2010, Carmo *et al.* (2010) publicam a segunda referência a cavernas em diamictito (no caso metadiamictito) do Brasil e a primeira referência às cavidades da região norte de Minas, onde se insere o projeto. A nota técnica “Primeiros Registros de Cavernas Ferruginosas no Norte de Minas” apresenta um breve relato do estudo realizado em seis cavidades em metadiamictitos hematíticos da formação Nova Aurora, durante atividades relacionadas a projeto do Instituto de Ciências Biológicas da Universidade Federal de Minas Gerais (ICB/UFMG), Núcleo Interinstitucional de Estudos e Ações Ambientais do Norte de Minas (NIEA-NM), em conjunto com o Ministério Público Estadual (Carmo *et al.*, 2010).

A caverna Mocarorô, alvo também do presente estudo, foi registrada ainda em 2010 no Cadastro Nacional de Cavernas do Brasil (SBE, 2010), conforme mostra o quadro 2.4 a seguir. A ficha registrada dessa cavidade traz ainda as informações de que esta se situa na parte baixa da escarpa e que compreende uma caverna alta cujo conduto principal tem aproximadamente 5 metros de altura. Cabe ressaltar que foi esse cadastro que motivou a inclusão dessa caverna na amostra regional dos estudos de geoespeleologia do estudo de relevância ora apresentado.

QUADRO 2.4 - Registro da Caverna Mocarorô em metadiamicitito, identificada no Cadastro Nacional de Cavernas do Brasil (CNC) da Sociedade Brasileira de Espeleologia (SBE, 2010)

Nº SBE	Nome	Município / Localidade	UTM		Referência	Litologia	Desenv. (m)	
			S	W			DL	100
MG-1858	Caverna do Mocarorô	Rio Pardo de Minas / Região do Peixe Bravo	S16°00'3570"	W42°42'1310"	Felipe Fonseca do Carmo	Metadiamicitito	DL	100

Posteriormente, o mesmo grupo de estudo supracitado publicou dois trabalhos técnicos referentes à espeleologia da região do norte de Minas Gerais, onde se insere o empreendimento. O primeiro artigo, denominado “Novo sítio espeleológico em sistemas ferruginosos, no vale do rio Peixe Bravo, Norte de Minas Gerais, Brasil” (CARMO *et al.*, 2011a) cita a existência de 21 cavernas já prospectadas ao longo de um trecho de 30 km do Rio Peixe Bravo a montante de sua foz no Rio Vacaria e caracteriza a área como um novo sistema cárstico ferruginoso. Esse artigo traz informações preliminares acerca da inserção na paisagem dessas cavidades, seu desenvolvimento linear, presença de espeleotemas, litologia encaixante, padrão morfológico, potencial paleontológico e arqueológico e estado de conservação da paisagem do entorno das mesmas. Trata-se da melhor referência até então publicada para a área de estudo.

O segundo artigo, "Primeiros registros de paleotocas desenvolvidas em formações ferríferas, Minas Gerais, Brasil" (CARMO *et al.*, 2011b) apresenta vestígios paleontológicos integralmente preservados identificados em três cavernas da região do rio Peixe Bravo, as quais foram consideradas pelo estudo paleotocas: Caverna Teto de Coral (16°5'7.45"S e 42°43'20.72"W), Caverna dos Três Buracos (16°2'48.59"S e 42°42'52.64"W) e Caverna do Mocarorô (16°00'36.74"S e 42°42'13.13"W), esta última ilustrada pela Foto 2.1. Nessas três cavidades foram encontrados registros de “*marcas de garras (icnofósseis) e condutos provavelmente formados por ação biogênica, por animal da extinta megafauna pleistocênica*” (CARMO *et al.*, 2011b).

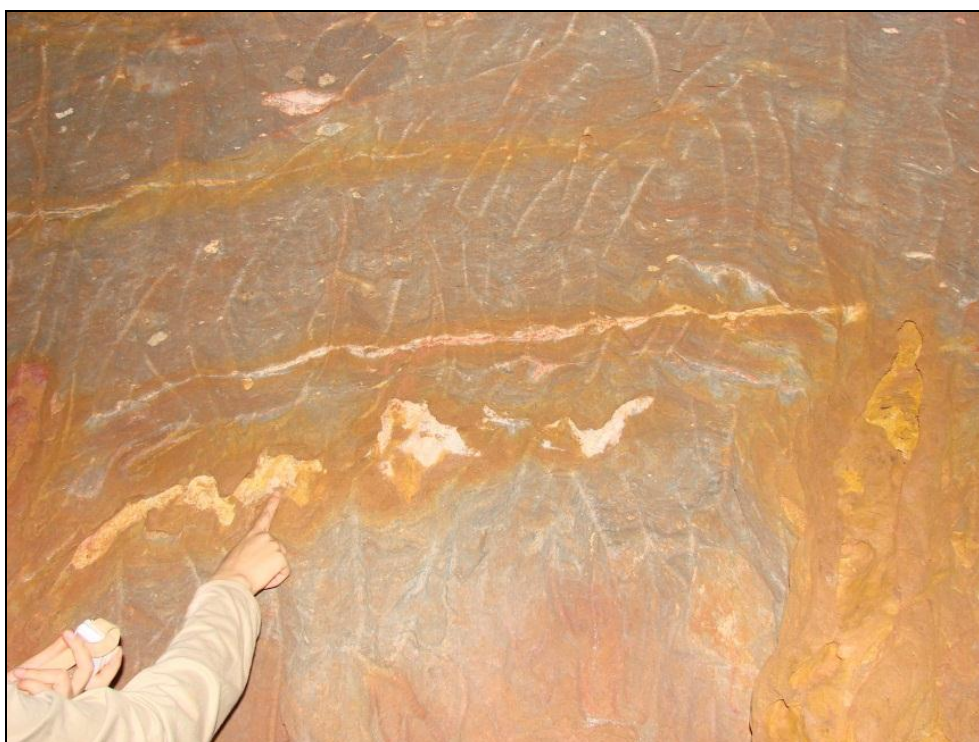


Foto 2.1 - Icnofósseis (marcas de garras) na Caverna do Mocororô, no vale do rio Peixe Bravo

Para a área de estudo do projeto Vale do Rio Pardo, a Base de Dados Geoespacializadas das Cavernas do Brasil (CECAV, 2012) indica apenas a presença da caverna do Mocororô, com dados ainda não validados, como mostra o quadro 2.5.

QUADRO 2.5 - Registro da Caverna do Mocororô em Metadiamictito identificada na Região em Estudo na Base de Dados Geoespacializadas das Cavernas do Brasil do CECAV (2012)

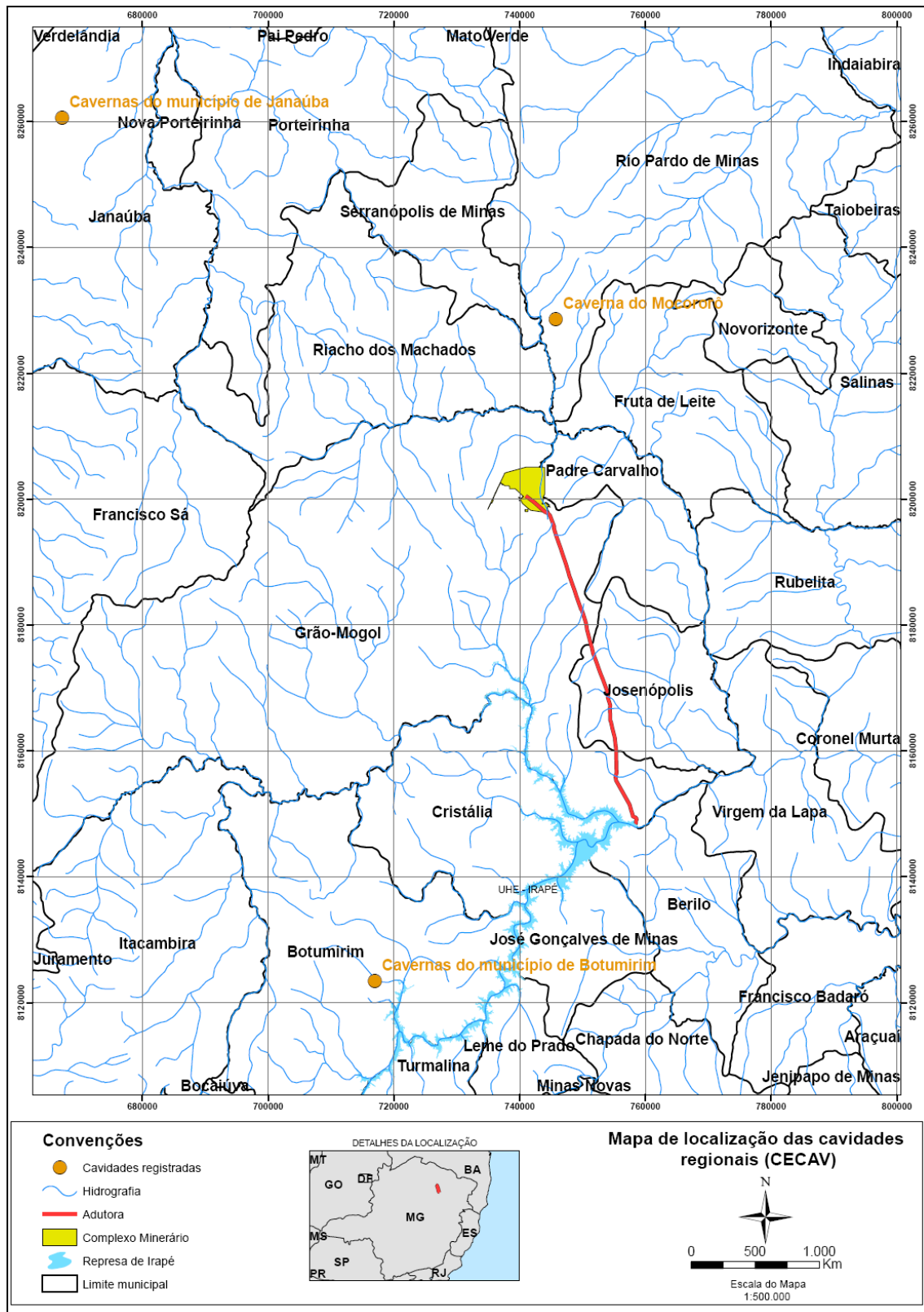
Estado	Cnc_sbe	Nome	Município	Localidade	Litologia	Lat_dd	Long_dd	Situação
MG	MG-1858	Caverna do Mocororô	Rio Pardo de Minas	Região do Peixe Bravo	Metadiamictito	-16.009901	-42.703600	Não Validado

Ainda segundo o banco de dados oficial do CECAV (2012), as demais cavernas ora cadastradas se encontram muito distantes da área de estudo. As mais próximas são duas cavidades em quartzito localizadas no município de Botumirim - MG, a cerca de 85 km de distância, e seis cavidades em calcário situadas no município de Janaúba - MG, a cerca de 95 km de distância (quadro 2.6). Cabe ressaltar que além de distantes da área de estudo, essas cavidades se inserem em contextos geomorfológicos e geológicos muito distintos das cavidades identificados na área de estudo, o que não permite comporem o universo de análise do presente relatório. A Figura 2.4 a seguir ilustra a localização das cavidades contidas na Base de Dados Geoespacializadas das Cavernas do Brasil (CECAV, 2012) em relação ao empreendimento.

QUADRO 2.6 - Cavidades (exceto Caverna do Mocororô) mais próximas da área de estudo, registradas na Base de Dados Geoespacializados das Cavernas do Brasil (CECAV, 2012)

Estado	CNC/SBE	Nome	Município	Localidade	Litologia	Lat_dd	Long_dd	Situação
MG	MG-1869	Abrigo Veado Pintado	Botumirim	Rio de Peixe - Joaquim Fabrício	Quartzito	-16.959300	-42.968700	Não Validado
MG	MG-1870	Lapa do Encantado	Botumirim	Rio de Peixe - Encantado	Quartzito	-16.962700	-42.962800	Não Validado
MG	-	Gruta da Coruja Branca (PA-08)	Janaúba	Pedreira Aliança	Calcário	-15.723995	-43.440649	Não Validado
MG	-	Gruta das Abelhas (PA-09)	Janaúba	Pedreira Aliança	Calcário	-15.723079	-43.440142	Não Validado
MG	-	Gruta dos Cactus (PA-14)	Janaúba	Pedreira Aliança	Calcário	-15.726917	-43.439665	Não Validado
MG	-	Caverna PA-04	Janaúba	Pedreira Aliança	Calcário	-15.725089	-43.439371	Não Validado
MG	-	Caverna PA-01	Janaúba	Pedreira Aliança	Calcário	-15.725171	-43.438204	Não Validado
MG	-	Caverna PA-02	Janaúba	Pedreira Aliança	Calcário	-15.725158	-43.437635	Não Validado

FIGURA 2.4 - Cavidades mais próximas da área de estudo, registradas na Base de Dados Geoespacializados das Cavernas do Brasil (CECAV, 2012)



Além das cavidades referenciadas nos estudos supracitados, cabe ressaltar que outras duas cavidades foram identificadas pela equipe de espeleologia da Brandt Meio Ambiente ao longo das etapas de prospecção espeleológica e que as mesmas compuseram a amostra regional dos temas, à exceção da geoespeleologia e espeleometria. O quadro 2.7 a seguir traz as informações dessas cavidades.

QUADRO 2.7 - Cavidades regionais identificadas na etapa de prospecção do Projeto Vale do Rio Pardo

Nome	UTM E	UTM N	PH (m)	Litologia
Caverna Boca do Soberbo	756105	8156155	120,32	Xisto
Caverna Tocaia de Paca	756044	8156711	67,44	Xisto

Por fim, destaca-se que recentemente foram identificadas outras cavidades na região, porém fora da área afetada pelo empreendimento, também desenvolvidas em metadiamicrito. Essas estão localizadas a norte do complexo minerário (Bloco 8), no vale do córrego Esmeril, afluente do rio Peixe Bravo. A área foi denominada pela Sul Americana de Metais de Vale dos Gigantes, dado o indicativo de ocorrência de várias paleotocas. Essas cavidades encontram-se atualmente em fase de estudo e trabalha-se com a possibilidade de se transformar a área que abrange o conjunto de paleotocas em unidade de conservação como compensação das cavidades que poderão vir a sofrer impactos decorrentes do empreendimento da Sul Americana de Metais.

Cabe aqui ressaltar também que se encontram em fase de estudo mais 16 cavidades, todas com projeção horizontal menor que cinco metros, localizadas na Área Diretamente Afetada (ADA) do complexo minerários (ADA + 250 metros), conforme apresentado no Quadro 2.8. O resultado dos estudos, incluindo a geoespeleologia, a bioespeleologia, a investigação arqueológica e paleontológica, será apresentado em relatório complementar de valoração de cavidades, em conjunto com os dados do estudo realizado nas cavidades regionais do Vale dos Gigantes, a norte do complexo minerário. Esse relatório, conforme acordo firmado em reunião realizada entre o órgão licenciador, a Brandt Meio Ambiente e a Sul Americana de Metais, em 01° de março de 2012, será apresentado ao IBAMA antes da aprovação da LP.

QUADRO 2.8 - Cavidades menores que cinco metros identificados na área do complexo minerário

Identificação	Coordenadas UTM / Fuso 23K	
	UTM E	UTM N
038	743067	8200597
070	743373	8203350
091	743389	8201398
101	741429	8201173
107	743050	8204278

Continuação

Identificação	Coordenadas UTM / Fuso 23K	
	UTM E	UTM N
118	741060	8204120
119	741334	8204221
122	741311	8204204
127	741879	8204302
131	741347	8204226
132	741353	8204234
133	741462	8204290
141	743069	8202230
147	743335	8201676
148	743128	8201698
153	742261	8200460

2.3 - Enfoque local e regional

2.3.1 - Enfoque local

Para a análise do enfoque local considerou-se como Unidade Geomorfológica os vales do córrego Lamarão e de seus afluentes na área do complexo minerário, considerando as feições geomorfológicas associadas (platôs, vales e escarpas) presentes na porção superior da sub-bacia.

Na sub-bacia do córrego Lamarão observa-se a compartimentação da área de estudo em duas unidades geomorfológicas: os topos das chapadas, que correspondem às superfícies de aplanamento (A), e os vales, que representam formas de dissecação fluvial (F). Mediante uma análise mais detalhada, são observadas dentro dos limites dos vales feições do tipo colinas confinadas por escarpas associadas aos processos de dissecação fluvial. Tais feições encontram-se associadas sobretudo aos metadiamicritos, xistos e quartzitos da Formação Nova Aurora, do Grupo Macaúbas.

O enfoque local considerou 25 cavidades naturais subterrâneas, sendo 23 cavidades situadas na área do complexo minerário (Bloco 8) e em seu entorno de 250 metros. Outras duas cavidades estão localizadas nas proximidades, na Área de Influência Indireta (AII) do complexo minerário e foram estudadas para compor a amostra local.

2.3.2 - Enfoque regional

O enfoque regional (Unidade Espeleológica) guarda relação com o conceito de Províncias e Distritos Espeleológicos originalmente definidos por KARMANN & SÁNCHEZ (1980), embora exija um detalhamento melhor. A definição dos parâmetros que o constituem deve ser efetuada com bases científicas, levando em consideração aspectos espeleológicos e fisiográficos em geral (CECAV, 2010). Essa escala de análise regional, estando atrelada às províncias cársticas, pode corresponder a um grupo ou a uma formação geológica. No Mapa das Regiões Cársticas do Brasil (CECAV, 2009) verificou-se que para a área de estudo ainda não há nenhuma província espeleológica delimitada.

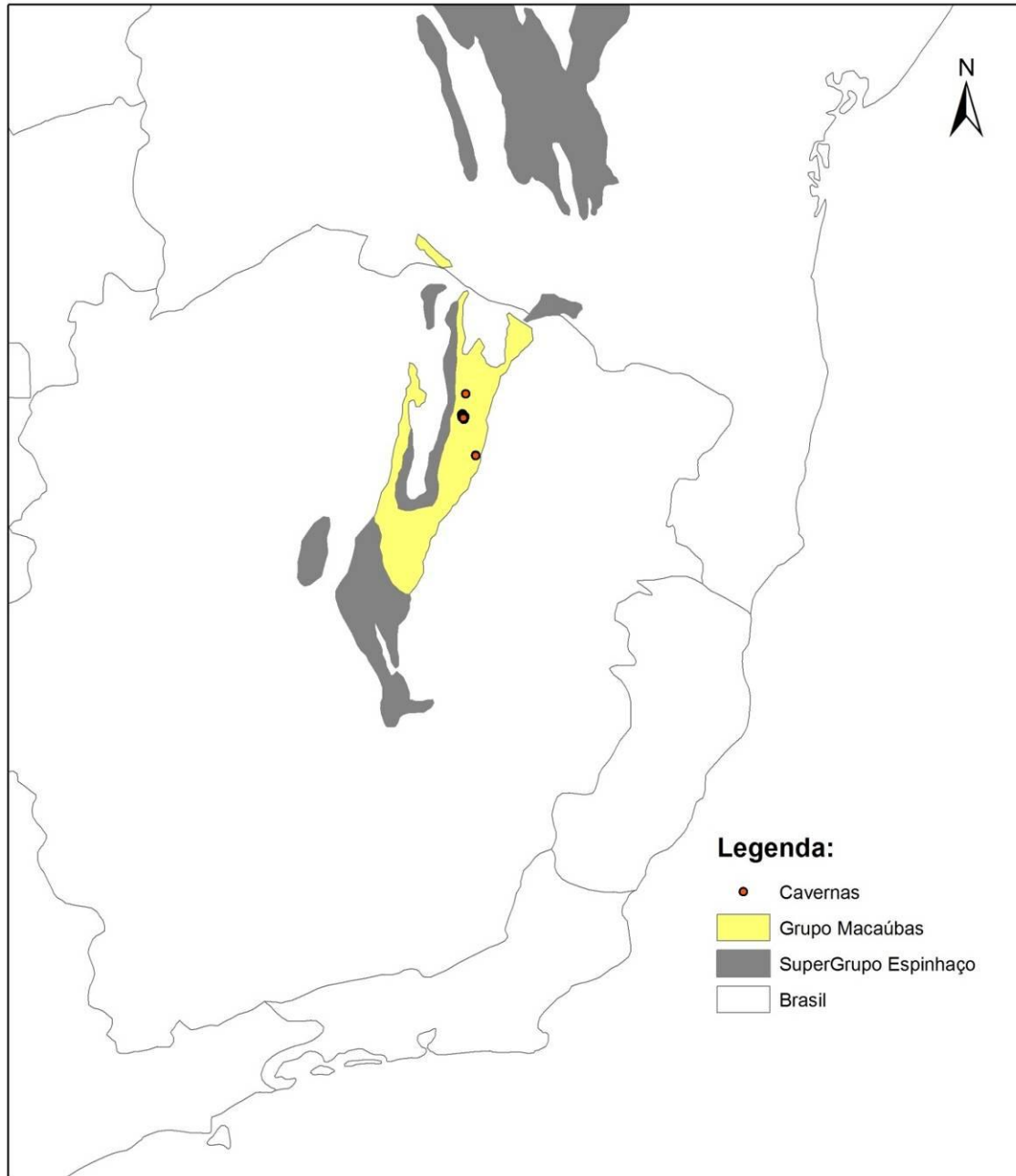
Nos estudos de valoração realizados na área do complexo minerário, a Unidade Espeleológica considerada no enfoque regional correspondeu aos extensos platôs entrecortados por vales encaixados que caracterizam morfologicamente a borda oriental da Serra do Espinhaço, na região norte do Estado de Minas Gerais.

Em escala regional, CETEC (1982) definiu duas formas distintas de relevo que ocorrem na borda leste da Serra do Espinhaço: formas de Aplainamento (A), que correspondem aos topos das chapadas; e formas de Dissecação (F1) que, em geral, correspondem aos vales bem marcados que caracterizam as drenagens da região.

Do ponto de vista geológico, tal unidade encontra-se associada à ocorrência predominante de rochas metadiamictíticas pertencentes à Formação Nova Aurora, do Grupo Macaúbas (Figura 2.5).

Compuseram a amostra regional dos temas bioespeleologia e paleontologia as cavidades Caverna Boca do Soberbo e Caverna Tocaia de Paca, identificadas na região do empreendimento, próximo à adutora. Para compor a amostra regional da geoespeleologia, paleontologia e espeleometria somou-se a Caverna Mocarorô, localizada no vale do rio Peixe Bravo, cerca de 14 km a nordeste da área do complexo minerário (Bloco 8), conhecida na bibliografia especializada (CARMO *et al.*, 2010; CARMO *et al.*, 2011b) e registrada no Cadastro Nacional de Cavernas do Brasil (CNC) da Sociedade Brasileira de Espeleologia (SBE, 2010; 2011; 2012) e na Base de Dados Geoespacializados das Cavernas do Brasil (CECAV, 2012). Ressalta-se que os dados de bioespeleologia da Caverna Mocarorô serão apresentados no relatório complementar de valoração de cavidades que será apresentado para as cavidades do Vale dos Gigantes e dos abrigos e reentrâncias do complexo minerário, visto a necessidade adicional de estudos relativos à fauna naquela cavidade.

FIGURA 2.5 - Ocorrência do Grupo Macaúbas Meridional, com a localização das cavernas deste estudo. Adaptado e interpretado a partir de UHLEIN & CHAVES (2001), Províncias Espeleológicas do CECAV (2012) e Projeto Espinhaço (MOURÃO & GROSSI-SAD, 1997).



3 - RESULTADOS

3.1 - Diagnóstico Geoespeleológico

3.1.1 - Introdução

Este item tem como objetivo geral a apresentação dos estudos de geoespeleologia efetuados nas cavernas identificadas do complexo minerário (Bloco 8) do Projeto Vale do Rio Pardo. Em termos específicos os objetivos do estudo foram:

- Analisar a morfologia das cavernas e seus aspectos espeleométricos;
- Analisar a litologia das cavernas e suas estruturas;
- Analisar os aspectos hidrológicos das cavernas;
- Analisar os depósitos clásticos e químicos;
- Analisar os aspectos de espeleogênese.

As fichas padronizadas das cavernas com a descrição dos itens estudados e os respectivos mapas encontram-se nos Anexos 01 e 02.

Neste estudo foram levantados dados das 25 cavernas, consideradas como amostra para análise de enfoque local. Para compor a amostra regional, somou-se a Caverna Mocarorô, localizada no vale do rio Peixe Bravo, cerca de 14 km a nordeste da área do complexo minerário (Bloco 8), conhecida na bibliografia especializada (CARMO *et al.*, 2010; CARMO *et al.*, 2011b) e registrada no Cadastro Nacional de Cavernas do Brasil (CNC) da Sociedade Brasileira de Espeleologia (SBE, 2010; 2011; 2012) e na Base de Dados Geoespacializados das Cavernas do Brasil do CECAV (2012).

3.1.2 - Procedimentos metodológicos

As análises de geoespeleologia foram feitas, em uma primeira etapa, a partir de pesquisa bibliográfica sobre cavernas em formações ferruginosas e em metadiamicritos. A segunda etapa contemplou a verificação e coleta de dados em campo.

O início da topografia das cavidades, pelo método tradicional, foi realizado concomitante com as campanhas de prospecção espeleológica. Assim sendo, várias foram as etapas de topografia de cavidades. As campanhas da topografia a laser ocorreram entre os dias 05 e 20 de outubro de 2011. O trabalho de campo específico de aspectos referentes à geoespeleologia se deu entre os dias 14 e 26 de novembro de 2011. Os levantamentos de paleontologia ocorreram entre os dias 23 e 30 de janeiro de 2012. Após a aquisição desses dados seguiu-se a fase de interpretação dos mesmos, em escritório. Os procedimentos metodológicos específicos referentes a cada etapa do processo estão descritos a seguir.

3.1.2.1 - Mapeamento

3.1.2.1.1 - Método tradicional

Topografia de cavidades naturais subterrâneas consiste na representação cartográfica das feições internas das cavernas. Para tal, é necessário criar pontos (bases topográficas) interligados entre si, distribuídos por todas as extremidades internas da caverna e também nas feições significativas em seu desenvolvimento, tais como fraturas, canalículos, patamares, claraboias e espeleotemas, dentre outras irregularidades nas paredes e demais detalhes. Esses pontos internos obrigatoriamente são conectados a um ponto externo à cavidade, onde se deve obter via GPS a coordenada da cavidade e então georreferenciar o desenvolvimento da mesma.

Para interligar os pontos da topografia utilizou-se de trena Lufkin (PVC) de 50 metros graduada em unidades centimétricas para medir a distância de um ponto ao outro; bússola e clinômetro Suunto Tandem 360PC/360R Zona 3 (especializada para topografia de cavidades e balanceada para Zona Sul Equatorial) para medir a graduação do azimute em relação ao norte magnético e a graduação da inclinação em relação ao plano horizontal de um ponto ao outro; e também uma planilha de anotação dos dados coletados.

Embasado nas medidas coletadas e devidamente anotadas em planilha, foi elaborado “in loco” o croqui de campo, que representa o desenho da cavidade constando as bases topográficas, os contornos das galerias e dos salões, suas características geomorfológicas e as feições significativas, tais como estruturas geológicas, hidrologia, sedimentos clásticos e/ou químicos e orgânicos, além da localização de vestígios paleontológicos, artefatos arqueológicos e interferências antrópicas recentes, dentre outros detalhes. Utilizou-se papel milimetrado, régua graduada e transferidor 360°, a fim de compor um desenho em escala e orientado em relação ao ponto externo (obtido a partir de GPS de navegação Garmin 60CSX).

O mapa de caverna é definido assim como a representação cartográfica da cavidade, tendo como elementos praticamente os mesmos componentes utilizados nos mapas convencionais e acrescidos de simbologias específicas ao ambiente subterrâneo. Sua composição básica é a planta baixa, ou seja, a representação dos contornos existentes no encontro entre o piso e a parede. Perfis longitudinais (alinhados com o eixo principal de desenvolvimento da cavidade) e cortes transversais (perpendiculares ao eixo dos condutos) também são realizados e são de vital importância para a interpretação do espaço subterrâneo, sendo através destes que se pode visualizar a forma vertical dos salões e condutos.

Após a coleta dos dados de campo, já em gabinete, utilizando-se o *software* Compass 5.01, foram gerados arquivos vetoriais (.dxf) das medidas realizadas em campo (chamadas de linhas de trena) e que ao serem importados no *software* AutoCAD2, sobrepostos aos croquis de campo, serviram de base para a digitalização dos mapas das cavernas (Figura 3.1).

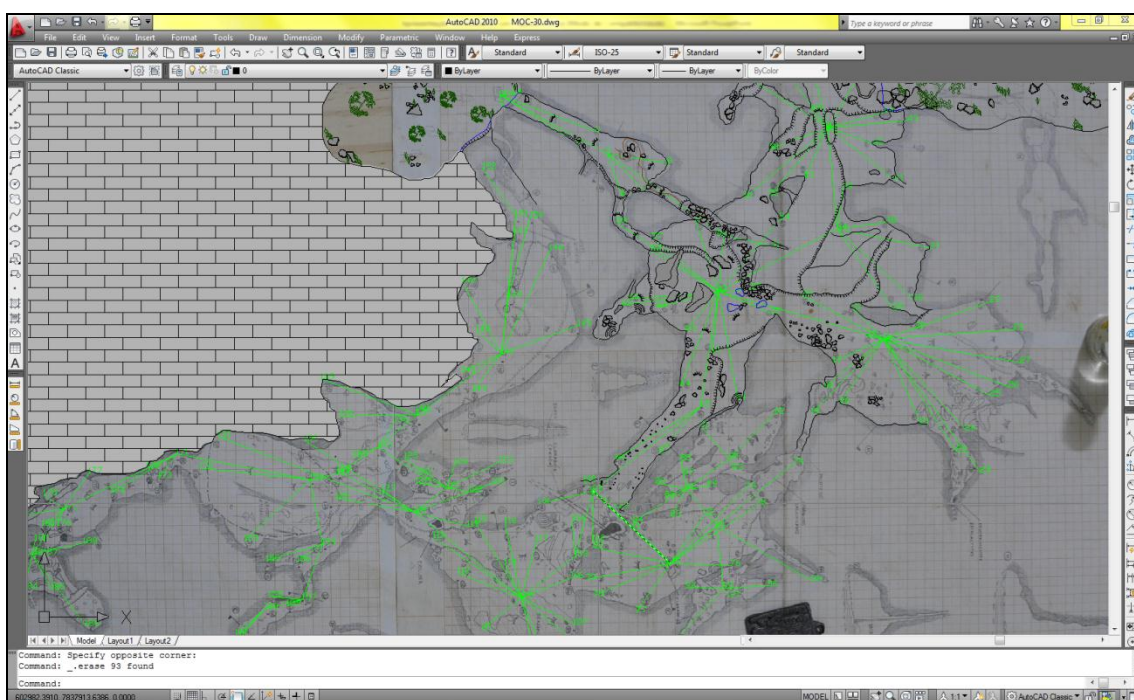
¹ *Software* livre desenvolvido especificamente para mapeamento de cavernas, capaz de introduzir dados primários, editar, processar, analisar, visualizar e exportar dados para demais *softwares* de processamento e desenho.

² *Software* do tipo CAD — Computer Aided Design ou desenho auxiliado por computador. É utilizado principalmente para a elaboração de desenhos técnicos em duas dimensões (2D) e para a criação de modelos tridimensionais (3D).

Por fim, em relação à acurácia e à precisão dos mapas, o método supracitado foi submetido à graduação da British Cave Research Association (BCRA), um sistema de graduação publicado em 2002 e utilizado amplamente pela comunidade espeleológica internacional. Os mapeamentos convencionais atingiram grau 4C.

Algumas cavernas do complexo minerário foram mapeadas utilizando-se topografia a laser, conforme detalhado no item a seguir. Tal técnica foi utilizada em etapa complementar de topografia das cavidades, realizada na sequência da prospecção propriamente dita.

FIGURA 3.1 - Exemplo do processo de digitalização de mapa espeleológico no software AutoCAD2. As linhas de trena (em verde), sobrepostas ao croqui de campo, dão embasamento à digitalização



3.1.2.1.2 - Mapeamento a laser

A utilização de escaner a laser com a finalidade de se realizar a topografia de cavidades naturais subterrâneas é inédita nos estudos de relevância de cavidades, embora já se tenha conhecimento de algumas experiências com o equipamento no Brasil e no exterior.

- Com o intuito de se buscar uma melhor representação das cavidades de maior expressão espeleométrica na área de estudo do complexo minerário foi realizado em cinco dessas cavidades (Quadro 3.1) a topografia com escaner a laser, metodologia que se justifica pela:
- Elevada precisão da metodologia, conjugado ao fato de o mesmo ter sido realizado com georreferenciamento das bases externas com GPS de precisão - geodésico;
- Minimização das interferências magnéticas causadas pela presença de hematita e magnetita na rocha encaixante.

QUADRO 3.1 - Cavernas com topografia a laser

Nome	Projeção Horizontal (m)	Desnível (m)	Área (m ²)	Volume (m ³)
Caverna 039	46,24	2,14	90,62	85,596
Caverna 059	74,88	2,47	260,24	325,983
Caverna 072	36,55	2	94,89	105,904
Caverna 110	21,07	0,91	81,03	91,17
Cavidade 151	8,24	2,47	31,16	58,57

3.1.2.1.2.1 - Equipamento

O equipamento utilizado na topografia das cavernas na área do empreendimento da Sul Americana de Metais foi o Zoller Frohlich, modelo Z+F IMAGER 5006h (Figura 3.2). O Laser Scanner Z+F representa o que há de mais moderno em termos de levantamento de pontos em três dimensões, permitindo aliar rapidez e precisão para a geração de modelos 3D, com detalhamento de apenas 0,4 milímetros, alcance de 79 metros e taxa de medição de impressionantes 500 mil pontos por segundo. Suas dimensões são de 17x28x39cm (x,y,z) e possui um peso de 9,8 kg. Suas aplicações mais utilizadas são relacionadas às áreas de planejamento digital (automotiva, plataformas químicas, usinas de energia), arquitetura e proteção de construções históricas (igrejas, castelos, museus), documentação de infraestrutura (redes ferroviárias, ruas, túneis, drenos, pontes) e investigação de crimes e acidentes, dentre outras.

O equipamento é capaz de construir uma maquete digital de alta precisão a partir de uma série de pontos distribuídos de forma tridimensional, comumente chamado de nuvem 3D (Figura 3.3). As leituras são feitas a partir de um ângulo de 320° na vertical e 360° na horizontal, combinando uma alta taxa de medição com diferentes tipos de resoluções e qualidades, previamente definidas. O equipamento não realiza uma leitura completa no eixo vertical por estar apoiado em um tripé que cria uma “sombra” na nuvem de pontos. Contudo, essa mancha é preenchida nas leituras posteriores, quando o equipamento é transferido de posição.

FIGURA 3.2 - Laser Scanner Zoller Frohlich modelo Z+F IMAGER 5006h



As leituras são realizadas a partir de pulsos de laser que são gerados e emitidos pelo sistema com auxílio de um espelho de varredura que são direcionados à superfície dos objetos em vários pontos. Esses objetos transmitem o pulso incidente e parte do pulso volta para o sistema. Com isso a distância entre o sensor e o objeto é determinada entre a emissão e a reflexão (retorno) do pulso - DALMOLIN & SANTOS, (2004). Em cada varredura são geradas milhões de coordenadas tridimensionais.

Para o mapeamento de uma cavidade o número de varreduras é proporcional ao seu tamanho, altura e obstáculos, sabendo que quanto maior o número de leituras maior o nível de detalhamento. Cada leitura dura aproximadamente quatro minutos, sendo que o equipamento tem um perfeito funcionamento estando nivelado e livre de qualquer interferência mecânica.

O uso do Laser Scanner Z+F na espeleologia proporciona grandes avanços nas duas principais variáveis que são avaliadas na qualidade de um mapa: a precisão e o detalhamento. No primeiro item o equipamento permite um posicionamento de pontos com precisão da ordem de menos de 1 mm nas distâncias de até 50 metros, comparável somente com equipamentos de alta precisão como a estação total ou o teodolito. Contudo, no segundo aspecto - o detalhamento - esse novo modelo de topografia consegue substituir de forma vantajosa o que até então era limitado pela habilidade do croquista. Os milhões de pontos gerados durante as leituras são capazes de moldar com precisão as mais sutis nuances da morfologia subterrânea. Algo impossível de ser realizado até mesmo pelos mais habilidosos artistas. O mapa espeleológico passa a ser tridimensional, permitindo uma visualização virtual da distribuição e do formato das galerias.

FIGURA 3.3 - Imagem da nuvem de pontos de uma leitura realizada no interior da caverna 072 - complexo minerário



3.1.2.1.2.2 - Metodologia de campo

A Campanha de campo para o escaneamento das cavernas foi realizada entre os dias 05 e 20 de outubro de 2011 e contou com uma equipe formada por dois geógrafos especialistas em georreferenciamento e um geógrafo especialista em espeleologia.

A técnica do escaneamento consiste em montar o equipamento em locais notáveis da cavidade que permitam uma visão mais ampla da galeria, lembrando que as leituras são feitas de forma tridimensional. Além dessa premissa, em cada um destes locais devem ser escolhidos pontos para o georreferenciamento da nuvem 3D, chamados de alvos. Sua identificação pode ser feita através de pequenas placas móveis (Foto 3.1) que são bem adaptadas para a montagem diretamente sobre o piso ou mesmo em papel que pode ser apoiado em paredes ou blocos. Estes pontos serviram, nas próximas etapas, como indicadores para a junção das diversas leituras, sendo fundamental uma escolha correta da sua posição. Em cada leitura pelo menos quatro alvos foram posicionados.

Para facilitar o trabalho, inicialmente as cavernas foram totalmente percorridas visando a identificação dos obstáculos, possíveis locais para instalação do equipamento e, ao mesmo tempo, a instalação dos alvos. As leituras foram realizadas com uma distância média de 10 metros uma da outra. Nos locais com obstáculos maiores, como blocos abatidos, por exemplo, foram necessárias diversas leituras a fim de se obter uma melhor caracterização do ambiente.



Foto 3.1 - Posicionamento dos alvos no interior da caverna

O mapeamento a laser foi realizado em cinco cavernas (Quadro 3.1), com um total de 52 leituras, gerando aproximadamente 14 gigabytes de dados que foram trabalhados em escritório. Na varredura do laser, o escaneamento foi feito sem a necessidade de refletores, sendo aplicado apenas o uso de alvos.

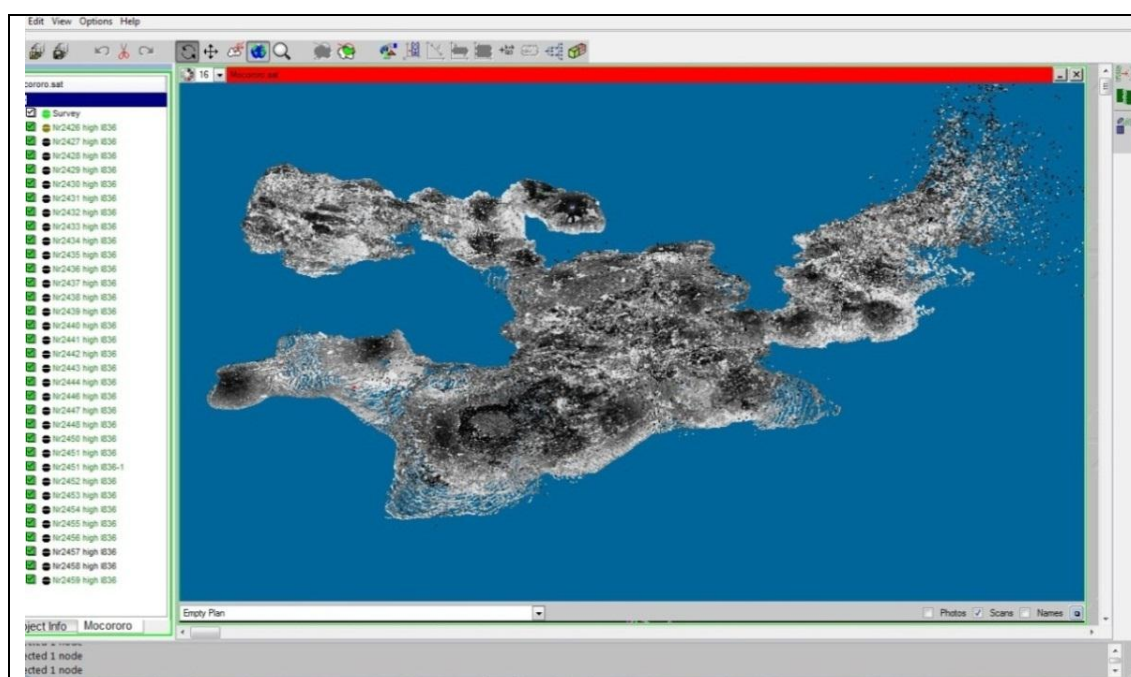
O georreferenciamento das cavidades foi feito a partir de coordenadas plotadas próximo às entradas das cavidades, com uso de GPS de precisão (geodésico). A partir desses pontos foi possível amarrar a topografia e inserir a caverna nas imagens de satélite georreferenciadas.

Cabe ressaltar que o resultado das topografias a laser é um mapeamento de alta precisão que atinge o grau X da classificação da British Cave Research Association (BCRA).

3.1.2.1.2.3 - Tratamento de dados

Para manipulação das nuvens de pontos levantadas nas cavernas foram utilizados quatro softwares até chegar às informações finais. Os softwares utilizados foram o LFM Register (Figura 3.4), LFM Converter, Riscan Pro (Figura 3.5) e AutoCAD Civil 3D (Figura 3.6). Os três primeiros softwares são desenvolvidos especificamente para tratamento de nuvens de pontos, todos de tecnologia alemã, pioneira no mercado de Laser Scan.

FIGURA 3.4 - Processamento dos dados no Software LFM Register

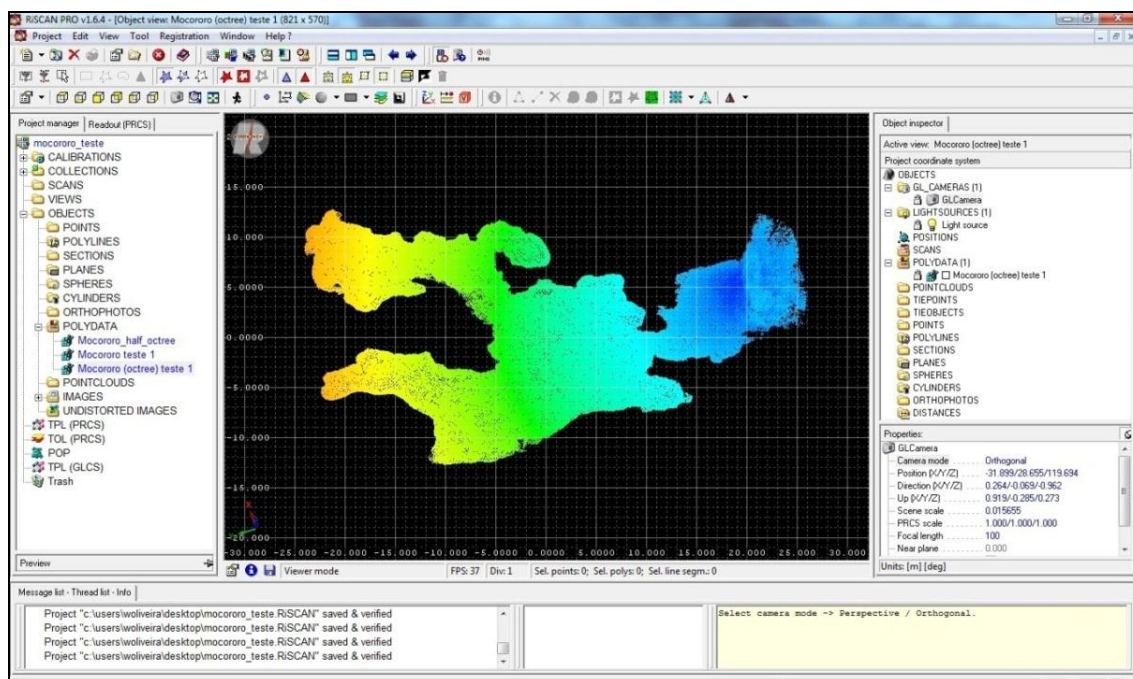


As nuvens de pontos no seu estado bruto foram manipuladas inicialmente no LFM Register, onde estas imagens foram “unificadas” na sequência do levantamento até compor a caverna como um todo (Figura 3.7). Nesse momento já é possível avaliar a precisão do levantamento, pois é na junção das nuvens, e especificamente na sobreposição de uma nuvem com outra que é possível mensurar e visualizar a qualidade do levantamento, cuja precisão é milimétrica.

Após o registro das nuvens de pontos, os dados são levados ao LFM Converter, cuja finalidade neste momento é transformar os dados do formato ZFC para ASC, além de reduzir a quantidade de pontos em torno de um quarto em relação ao seu tamanho original. Essa redução é realizada no sentido de facilitar a manipulação dos dados no software RiscanPRO sem a perda significativa de informação.

No software RiscanPRO as nuvens de pontos no formato .ASC recebem os últimos tratamentos antes das informações finais. Primeiramente é definido um intervalo de seções para limpeza de pontos dispersos que podem interferir negativamente nas informações finais. Após a limpeza, o próximo passo é a definição de pontos ao longo da nuvem para interpolação dos dados para geração da malha triangular, formando assim o sólido com a representação real da caverna.

FIGURA 3.5 - Processamento dos dados no Software RiscanPRO, nuvens de pontos registradas



Com a malha triangular formada é possível extrair todas as informações morfológicas da caverna, tais como: curvas de nível (topografia), seções longitudinais e transversais, desenvolvimento linear além de navegar no interior da mesma com geração de vídeo.

A partir da extração das informações de curvas de nível e seções longitudinais e transversais, os dados são exportados para o formato DXF, compatível com o AutoCAD Civil 3D, onde são elaboradas as plantas baixas, a representação das seções e o cálculo de volume das cavernas (Figura 3.6). Este último item merece especial atenção, uma vez que a quantidade e qualidade dos dados coletados permite um cálculo bastante preciso. As plantas topográficas confeccionadas com o levantamento a laser encontram-se no Anexo 02.

FIGURA 3.6 - Processamento dos dados no Auto CAD Civil 3 D

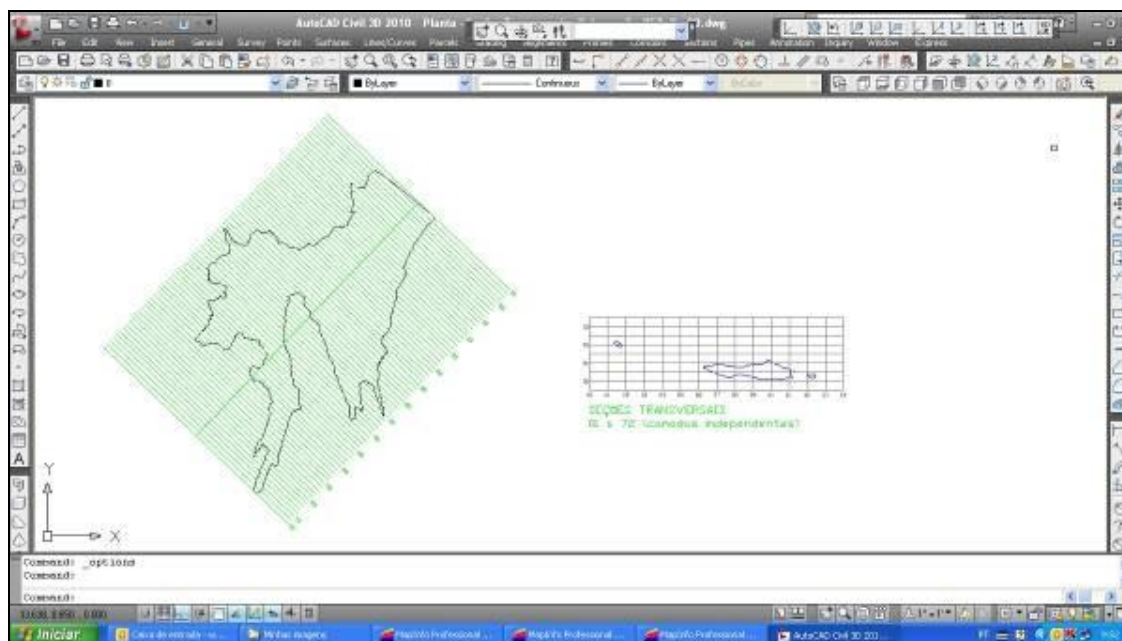
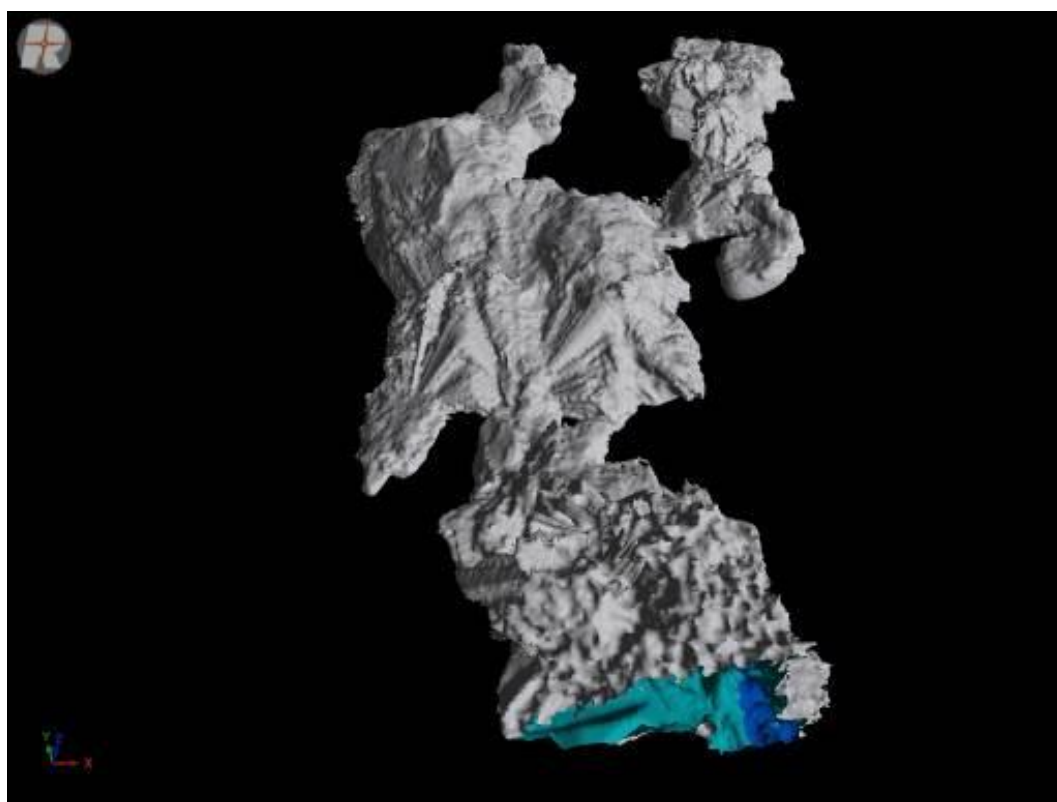
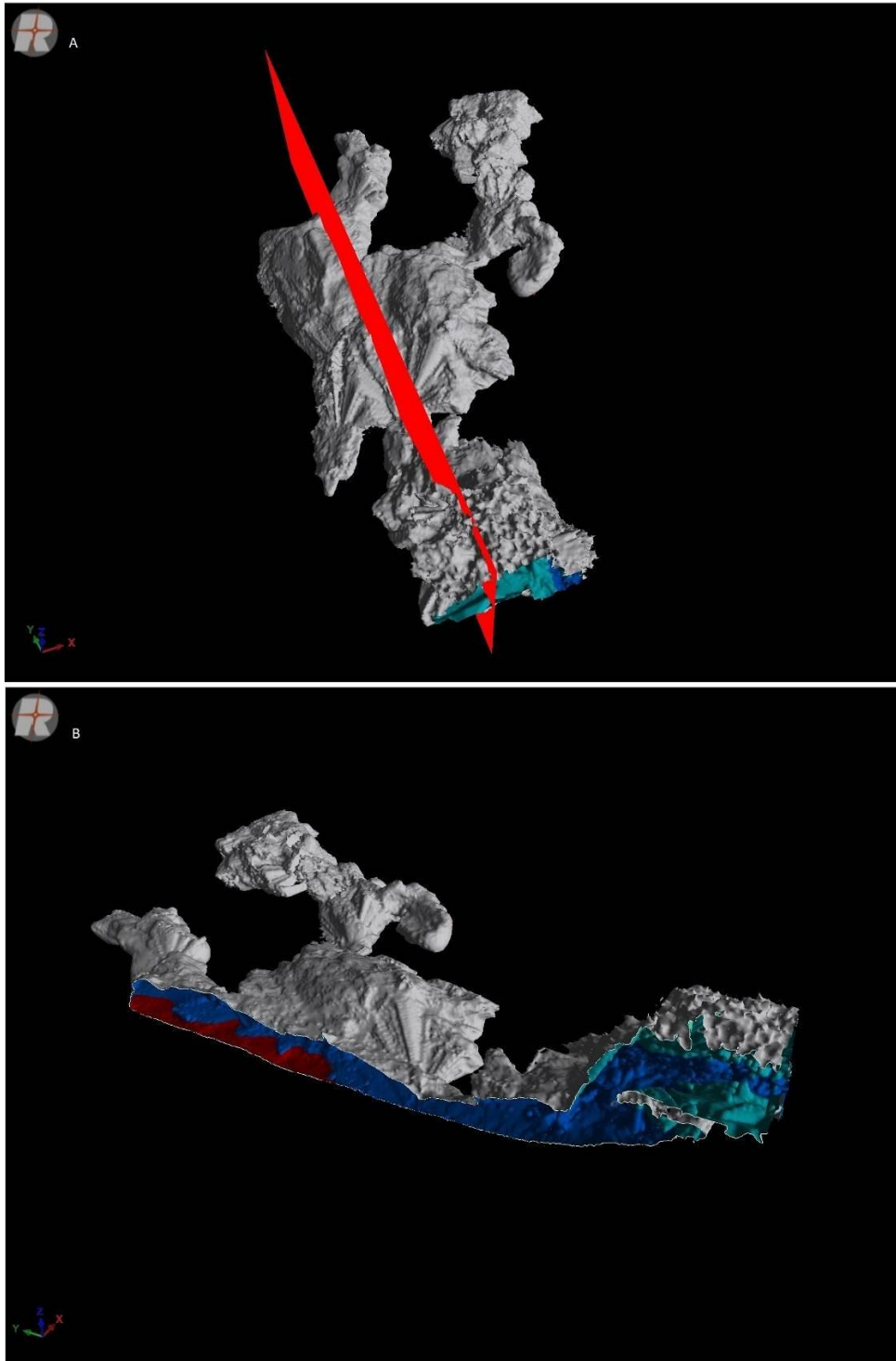


FIGURA 3.7 - Geração do sólido a partir da interpolação da nuvem de pontos



Uma facilidade na manipulação dos dados é quanto à geração de seções e representas destas, no software RiscaPro a definir e realizar o corte seja ele transversal ou longitudinal é realizado com extrema facilidade e com ótima visualização (Figura 3.8).

FIGURA 3.8 - A figura “A” representa o sólido com a definição do plano de corte longitudinal, já na “B” está o sólido recortado



A utilização do laser scanner proporciona assim imagens tridimensionais de alta resolução, totalmente consistentes com a realidade da cavidade. A riqueza de detalhes supera qualquer levantamento convencional, onde feições cársticas somente são representadas manualmente e dependem da habilidade do croquista da equipe. O modelo digital contribui para sua caracterização, facilitando a análise de alguns atributos de relevância contidos na IN 2, de 20 de agosto de 2009, do Ministério do Meio Ambiente, como, por exemplo, sua área, o volume e a declividade.

3.1.2.1.3 - Análise espeleométrica

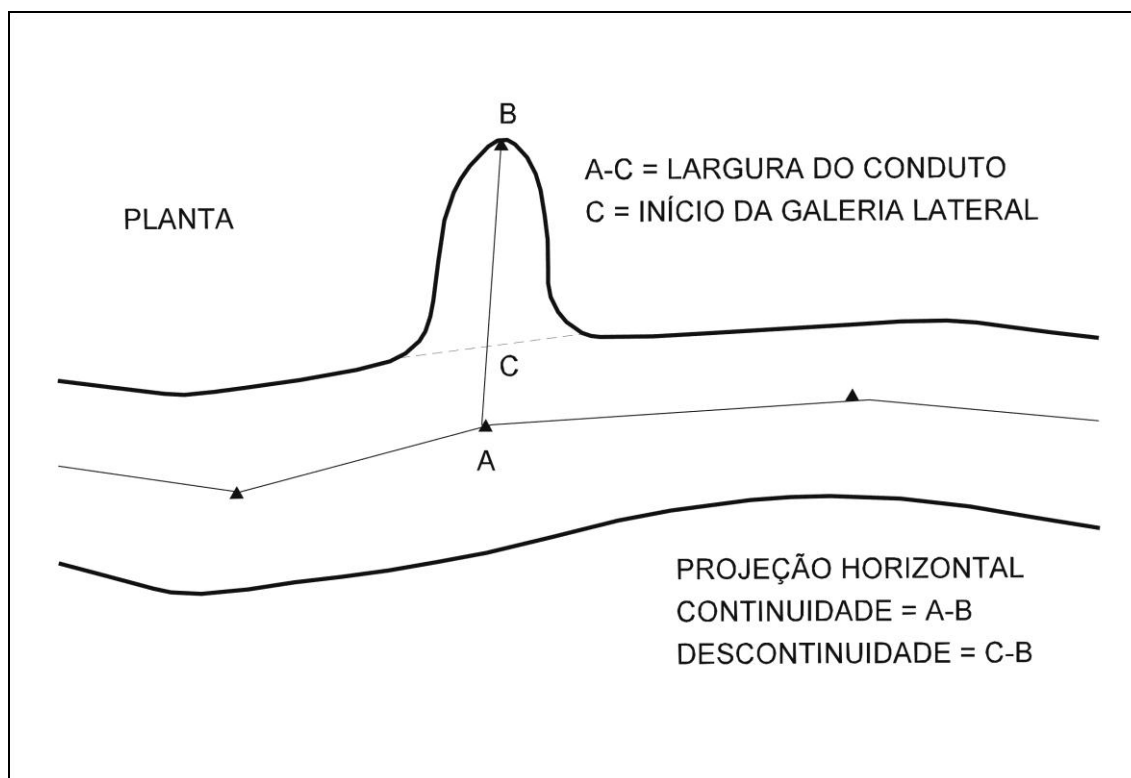
A topografia das cavidades subsidiou a obtenção dos dados espeleométricos das cavidades, tais como projeção horizontal (PH), desnível, altura média, área e volume estimado, atendendo assim as diretrizes do Decreto Federal nº 6.640/2008 e da Instrução Normativa do Ministério do Meio Ambiente IN/MMA nº 2/2009, que estabelecem critérios para a classificação de relevância das cavernas brasileiras. Cabe ressaltar que a topografia subsidiou ainda a definição dos entornos de proteção das cavidades, definidos como 250 metros pela Portaria IBAMA nº 887/1990 e pelo artigo 4º da Resolução CONAMA 347/2004.

A partir dos mapas topográficos foram realizados os cálculos espeleométricos de projeção horizontal, desnível, área e volume, no *software* AutoCAD.

Para fins de medição do desenvolvimento das cavidades foi usado o conceito de projeção horizontal preconizado na IN/MMA nº 2/2009. A projeção horizontal consiste em medir o comprimento das galerias projetadas em um plano horizontal e somá-los sobre a planta da caverna, a partir do ponto zero das cavidades, com auxílio do *software* AutoDesk AutoCAD, no caso da topografia convencional, e do *software* Riscan Pro, no caso da topografia a laser.

As projeções horizontais foram medidas com base no princípio da descontinuidade, o qual entende que ao se medir galerias que se ramificam, a parte da largura da galeria principal não deve ser incluída no desenvolvimento da cavidade, como mostra a figura (Figura 3.9).

FIGURA 3.9 - Princípio da continuidade e descontinuidade



Fonte: CECAV (2010); RUBBIOLI & MOURA (2005).

O desnível foi calculado pela diferença de altura entre o ponto mais alto e mais baixo do piso das cavidades. Tal definição é baseada nos princípios definidos pela Comissão de Cadastro, Espeleometria e Províncias Espeleológicas da Sociedade Brasileira de Espeleologia (SBE, 1991).

A área foi calculada pelo *software* AutoDesk AutoCAD como a área compreendida no interior do polígono formado pelas paredes da planta baixa da cavidade e pelo fechamento da mesma nos marcos zeros das entradas.

Para as cavernas mapeadas a partir do uso de métodos de topografia convencional, o cálculo do volume foi obtido pela multiplicação da área da cavidade pela altura média, determinada pela média das seções da cavidade, com o auxílio do *software* AutoDesk AutoCAD. No caso das cavidades com topografia a laser, o cálculo de volume foi obtido com o uso dos *softwares* AutoCAD Civil 3D e Excel, tendo sido calculado pela somatória do volume existente entre curvas de nível de 25 em 25 cm.

Essas medidas foram analisadas estatisticamente e são apresentadas no presente diagnóstico em formas de gráficos e quadros.

3.1.2.1.4 - Análise litológica e estrutural

A análise litológica corresponde a uma importante etapa da geoespeleologia, pois os tipos litológicos são fortes condicionadores da gênese, morfologia e outros padrões das cavidades. Destaca-se aqui não ser adequado comparar cavernas em litologias diferentes, já que os processos formadores e evolutivos são distintos entre si e conseqüentemente resultam em feições diferenciadas e metragens de cavidades distintas. Tal determinação encontra-se em acordo com o preconizado pelo Decreto 6640, de 7 de novembro de 2008.

Assim sendo a análise geoespeleológica e espeleométrica foi embasada na segregação das cavidades identificadas em diferentes conjuntos litológicos, definidos por AULER & PILÓ (2005b) como classes associativas para a ocorrência de padrões espeleológicos. Nesse contexto, cabe destacar que as cavidades identificadas na área da adutora não entraram na análise geoespeleológica e espeleométrica, uma vez que as mesmas se encontram associadas a xistos da Formação Chapada Acauã, que mesmo também pertencentes ao Grupo Macaúbas, assim como a Formação Nova Aurora, se distingue dos metadiamicititos que compõe a área do complexo minerário. Ressalta-se ainda que a análise litológica das cavidades baseou-se em observações de campo empreendidas pela equipe de espeleólogos e geólogos envolvidos no projeto e na correlação dos dados com mapas de geologia em escala local.

Em todas as cavernas identificadas a caracterização geológica incluiu também medições estruturais de falhas, fraturas, dobras e foliações encontradas dentro ou próximas às cavidades. As medidas foram realizadas com bússola Brunton, com anotação do ângulo e azimute.

Assim sendo, excluiu-se da análise geoespeleológica e espeleométrica as cavidades desenvolvidas em rocha matriz diferente dos metadiamicititos. Quanto às análises estruturais, procurou-se avaliar a possibilidade de controle estrutural na localização, no desenvolvimento das cavidades e na morfologia dos condutos.

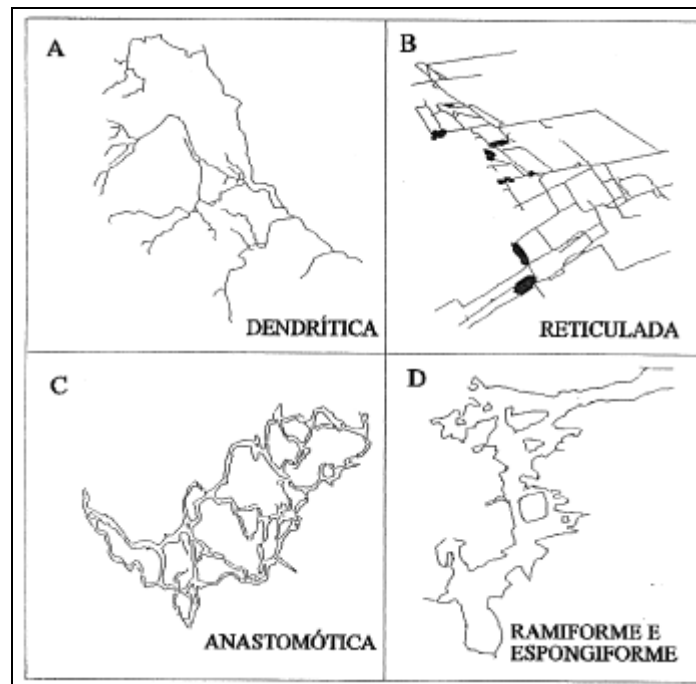
3.1.2.1.5 - Análise morfológica

Os estudos morfológicos foram focados na caracterização dos padrões planimétricos das cavidades estudadas. A análise morfológica teve como base principalmente a planta baixa das cavidades, sendo usado como material de apoio à classificação as seções transversais e longitudinais dos condutos, visto que a geometria das galerias pode trazer dados importantes sobre seus processos de iniciação e evolução.

Duas dificuldades foram encontradas na classificação da morfologia das cavidades estudadas. A primeira se deu em função da inexistência de bibliografias de referência para classificação de cavidades em metadiamicitito e a segunda relativa ao baixo desenvolvimento geral das cavidades.

A bibliografia clássica referente à classificação morfológica de cavidades em planta é de PALMER (1991), como ilustra a figura 3.10. Cabe destacar que essa padronização foi concebida para rochas carbonáticas, as quais não ocorrem na região. Por tal motivo essa referência foi usada apenas como norteador da análise.

FIGURA 3.10 - Padrão morfológico definido por PALMER (1991) para cavidades em carbonato.



Para cavernas desenvolvidas em litologias ferríferas, PILÓ & AULER (2009) definem como padrões planimétricos principais as Câmaras Irregulares e a morfologia Retilínea (figura 3.11), tomando como referência cavernas em rochas ferríferas da região de Carajás, Pará. Para as cavernas ferríferas da área da Mina de Apolo localizada na Serra do Gandarela, no Quadrilátero Ferrífero, AMPLO (2009) define os padrões morfológicos: Retilíneo, Espongiforme e Abrigo (figura 3.12).

FIGURA 3.11 - Padrões morfológicos planimétricos para as cavernas em rochas ferríferas da região de Carajás, Pará: a) Câmaras Irregulares e b) Retilínea (PILÓ & AULER, 2009).

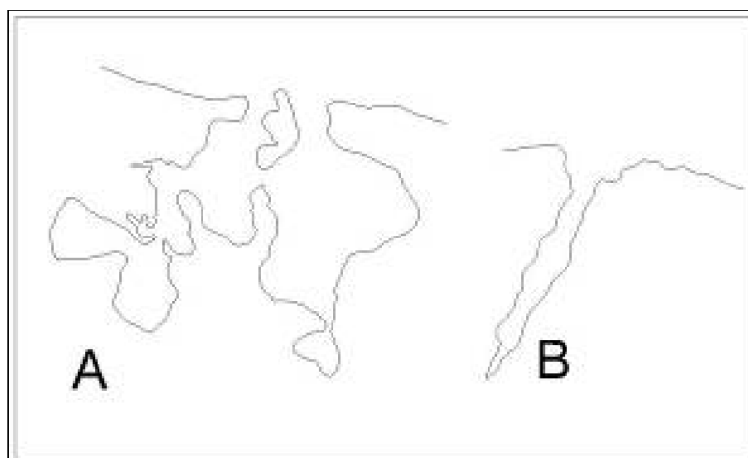
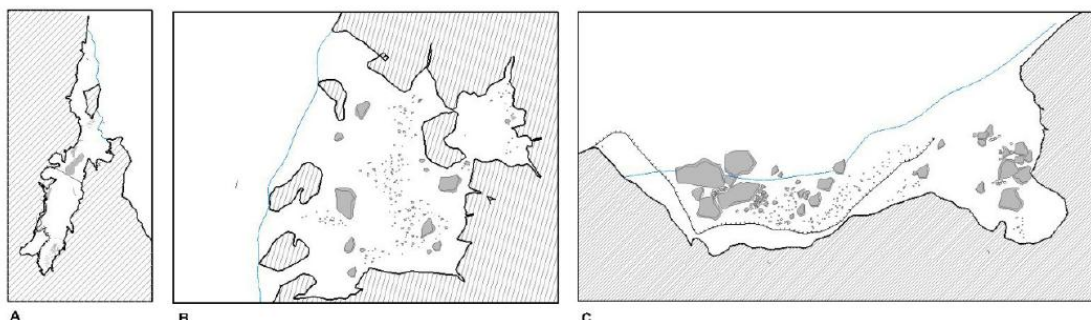
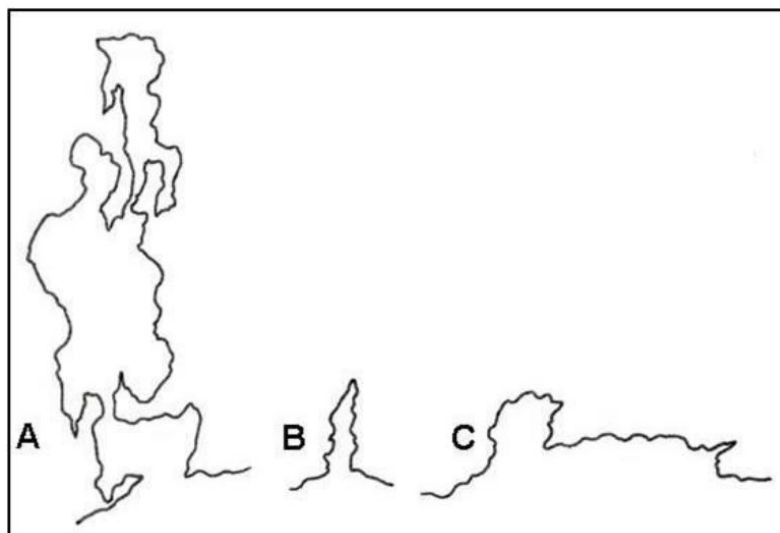


FIGURA 3.12 - Padrões morfológicos planimétricos para as cavernas em rochas ferríferas da região de Apolo, na Serra do Gandarela, Quadrilátero Ferrífero-MG: a) Retilínea; b) Espongiforme; c) Abrigo (AMPLO, 2009).



Para as 21 cavidades descritas por CARMO *et al.* (2011a) e inseridas nos metadiamicritos da Formação Nova Aurora, no norte de Minas Gerais, os padrões morfológicos identificados foram: Irregular, Retilíneo e Abrigo, conforme exposto na figura 3.13.

FIGURA 3.13 - Padrões morfológicos identificados nas cavidades descritas por CARMO *et al.* (2011a): a) Irregular, b) Retilíneo e c) Abrigo.



Diante das plantas baixas das cavernas em metadiamicrito identificadas na área do complexo minerário e embasado nas referências bibliográficas supracitadas, foi proposta uma classificação para a morfologia das cavidades em estudo. O padrão morfológico das cavidades foi classificado em:

- Abrigo: cavidades com ampla entrada e desenvolvimento preferencial acompanhando a linha do escarpamento (AMPLO, 2009);
- Afunilado: cavidades com entradas abertas com morfologia que se afunilam em direção à parte distal;

- Curvilíneo: cavidades formadas por um conduto principal com curvatura em seu desenvolvimento;
- Globular: cavidades com entradas estreitas que se abrem em um único salão com forma subcircular em planta. É uma morfologia recorrente em cavernas em formações ferríferas e, de forma geral, está associada a gênese endógena;
- Irregular: cavidades que não apresentam em planta um padrão morfológico definido;
- Reticulado: Cavidades que apresentam em planta condutos lineares que se conectam por ângulos agudos, com marcante controle estrutural;
- Retilíneo: Cavidades cuja morfologia em planta conforma condutos simples seguindo uma direção preferencial, com controle estrutural (AMPLO, 2009).

O padrão morfológico das seções e condutos usados na presente análise teve como referencial teórico de apoio a classificação proposta por FERREIRA (1996), que por sua vez se baseou nas interpretações de KARMANN (1994), a qual definiu as seguintes classificações:

- Padrão em conduto curvilíneo e sinuoso: condutos com segmentos retilíneos curtos e inflexões curvilíneas entre condutos;
- Padrão em conduto sinuoso e anguloso: condutos com segmentos retilíneos curtos a longos e inflexões angulosas entre condutos;
- Padrão em conduto retilíneo e anguloso: condutos com segmentos retilíneos longos e inflexões angulosas entre condutos;
- Padrão em conduto retilíneo e curvilíneo: condutos com segmentos retilíneos longos e inflexões curvilíneas entre condutos;
- Padrão em salão: espaço onde a largura se assemelha ao desenvolvimento;
- Padrão em galeria: espaço onde o desenvolvimento suplanta em muito a largura;
- Padrão em conduto linear: cavernas retilíneas com desenvolvimento cerca de cinco vezes maior que o valor da largura e com sinuosidade baixa.

Seguindo tais preceitos, foram identificados na área de estudo os padrões Linear, Retilíneo e Anguloso e em Salão.

3.1.2.1.6 - Análise hidrológica

Foi observada a presença ou ausência de corpos hídricos, tais como surgências, drenagens, lagos, poças e percolações, com o objetivo de determinar a dinâmica hidrológica das cavidades.

3.1.2.1.7 - Análise de depósitos clásticos

Os depósitos sedimentares clásticos superficiais foram descritos observando-se sua granulometria, tamanho, cones de sedimentos e outros. Os depósitos químicos, quando existentes, foram descritos para todas as cavernas.

3.1.2.1.8 - Análise paleontológica

A metodologia utilizada no levantamento paleontológico consistiu de duas etapas. A primeira correspondeu ao levantamento de dados secundários, coletados e disponibilizados na forma de relatórios, teses, dissertações e artigos científicos, além de uma análise criteriosa de mapas geológicos e cartas imagens.

Esse levantamento bibliográfico foi realizado na biblioteca do Instituto de Geociências da Universidade de São Paulo (IGc-USP) e no site de busca Google, além do site da Base Paleo (Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais - CPRM), que possui cadastro de ocorrências fossilíferas provenientes de projetos executados pela CPRM, das coleções do DNPM/Museu de Ciências da Terra e da UFRJ/Museu Nacional e referentes a microfósseis, microfósseis e palinóforos, com informações sobre sua taxonomia, paleoecologia e bioestratigrafia.

A segunda etapa correspondeu à verificação em campo do potencial fossilífero das cavidades encontradas, com posterior comparação com a literatura existente sobre o tema.

Esse trabalho foi desenvolvido inicialmente pela equipe da Brandt Meio Ambiente e posteriormente pelo Professor Francisco Sekiguchi Buchmann, da Universidade Estadual Paulista em São Vicente (SP), especialista em paleotocas formadas por mamíferos pré-históricos.

3.1.3 - Contexto geológico-geomorfológico

3.1.3.1 - Contexto geológico regional

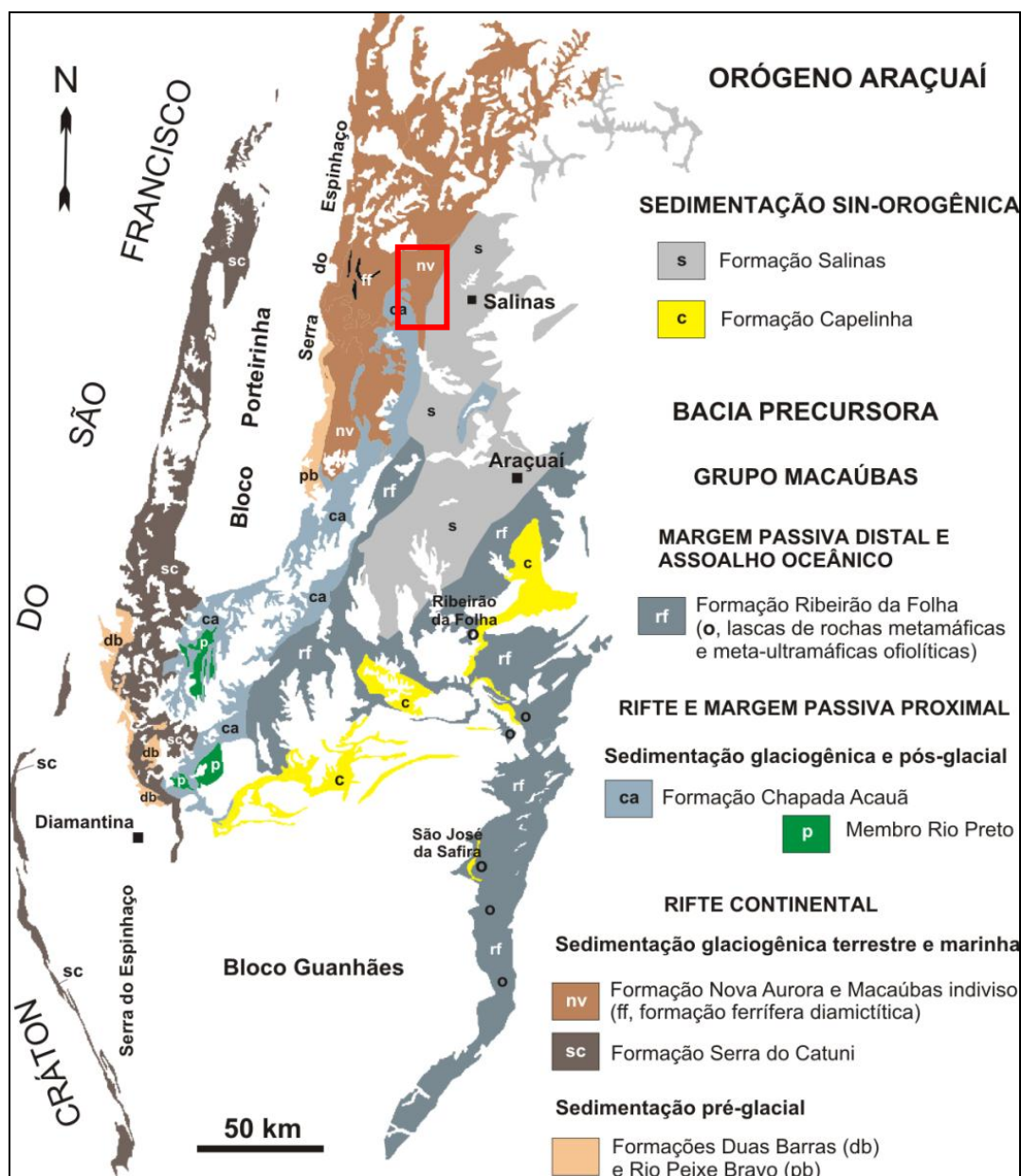
A área onde se encontram as cavidades estudadas situa-se na borda oriental da cordilheira do Espinhaço, no Grupo Macaúbas, Domínio Externo da província tectônica denominada Orógeno Araçuaí. O termo Orógeno Araçuaí é utilizado para se referir ao conjunto orogênico neoproterozóico cambriano contido na grande reentrância delimitada pelos crátons do São Francisco e Congo (África). O Grupo Macaúbas cobre ampla região desse Orógeno, apresentando expressão regional (PEDROSA-SOARES *et al.*, 2007).

O Grupo Macaúbas é caracterizado por faixa de dobramentos e empurrões mostrando vergência para oeste e ausência de magmatismo orogênico (PEDROSA-SOARES *et al.* 2001, 2007). Estruturalmente, as rochas do Grupo Macaúbas possuem direções preferenciais NE, sendo ainda observada uma deformação posterior, gerando uma clivagem de crenulação NNW-NE. Os contatos entre as rochas do Grupo Macaúbas e aquelas unidades constituintes do seu embasamento são marcadas por zonas de cisalhamento subhorizontais ou então por falhas reversas de alto ângulo (GUIMARÃES *et al.*, 1993). Também é comum encontrar em toda a área diques clásticos de direção variáveis (predominantemente N-S), com espessura entre 2 e 20 m e comprimentos de até 5 km (EGGER, 2006).

O Grupo Macaúbas comporta duas unidades: uma unidade proximal, formada por depósitos pré-glaciais, glaciais e transicionais, e uma unidade distal, formada por depósitos pós-glaciais, que encerram turbiditos de margem passiva e restos ofiolíticos (PEDROSA-SOARES *et al.* 1998, 2001) (Figura 3.14).

As unidades proximais contêm expressivos pacotes de rochas glaciogênicas (metadiamicritos), que representam depósitos sedimentares e vulcânicos que registram estágios de evolução da bacia desde sua fase rifte, marcada por sequências pré-glaciais e glaciais, até a fase transicional, evidenciada por sequências glaciomarinhas (e.g., NOCE *et al.*, 1997; PEDROSA-SOARES & WIEDEMANN-LEONARDOS, 2000). A unidade distal do Grupo Macaúbas é caracterizada por sedimentação de margem passiva, em regime transgressivo, depositada depois do final da glaciação (PEDROSA-SOARES, 1995), formando, portanto, depósitos pós-glaciais (Figura 3.14).

FIGURA 3.14 - Formações do Grupo Macaúbas e localização da Área de Estudo (modificado de PEDROSA-SOARES *et al.*, 2010)



Três estágios da fase orogênica foram responsáveis pela formação das unidades do Grupo Macaúbas: fase rifte, fase transicional e fase passiva. O registro sedimentar da fase rifte é representado pelas unidades basais e proximais do Grupo Macaúbas. A sequência pré-glacial, que marca o estágio rifte continental da bacia Macaúbas, é representada por quartzitos, filitos, metaconglomerados, matassiltitos e metadolomitos das formações Rio Peixe Bravo, Duas Barras e Domingas, depositadas em ambiente que varia de fluvial a marinho raso (NOCE *et al.*, 1997).

O estágio transicional entre as fases rifte e de margem passiva é representado pela sequência glacial do Grupo Macaúbas. A sequência glacial consiste de metadiamicititos, quartzitos e filitos da Formação Serra do Catuni, que representa um depósito glácio-litorâneo. Ocorrem ainda as rochas das formações Nova Aurora e Chapada Acauã, caracterizadas por metadiamicititos interdigitados por quartzitos e raros filitos, ricos em hematita (formações ferríferas), e por ritmitos de quartzitos e metapelitos.

A fase de margem continental passiva da Bacia Macaúbas é representada por extensa sedimentação de turbiditos areno-pelíticos de mar profundo e por remanescentes de crosta oceânica. Apresenta sedimentação de margem passiva, em regime transgressivo, depositada depois do final da glaciação. Essa unidade distal do Grupo Macaúbas é a Formação Ribeirão da Folha, que inclui duas unidades (PEDROSA-SOARES, 1995):

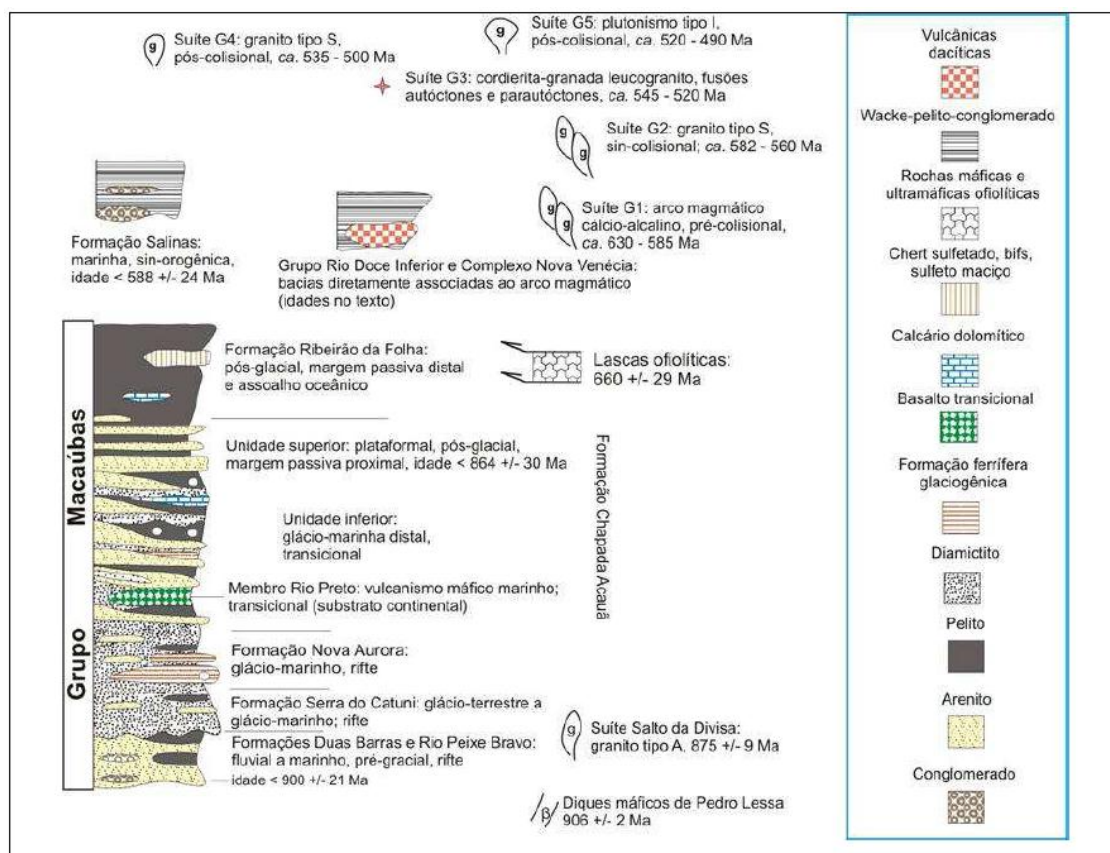
- Unidade exclusivamente sedimentar, turbidítica de mar profundo, com areia e lama, composta por sucessões de quartzito-mica xistos, com intercalações de metagrauvacas, rochas calcissilicáticas, metaconglomerados e xistos;
- Unidade vulcanosedimentar distal, que inclui pelitos de mar profundo metamorfisados, metacherts, sulfetos maciços, formações bandadas e ortoanfíbolitos correspondentes a basaltos de fundo oceânico.

3.1.3.2 - Contexto geológico local

Na área do complexo minerário (Bloco 8), as cavidades se desenvolvem no âmbito das seguintes formações: Nova Aurora, com desenvolvimento em rochas metadiamicíticas ferruginosas, as quais compõem o contexto espeleológico local, e Chapada Acauã, com formação de cavidades em rochas xistosas, sendo que devido à diferente litologia encaixante estas não se constituíram como parte do contexto espeleológico do complexo minerário.

Dessa forma, na área do complexo minerário foram considerados em termos geológicos, para efeitos de valoração, somente aquelas cavidades hospedadas em metadiamicititos da Formação Nova Aurora, que são descritas detalhadamente a seguir. As unidades litoestratigráficas podem ser observadas na Figura 3.15.

FIGURA 3.15 - Coluna estratigráfica do Grupo Macaúbas (PEDROSA-SOARES et al., 2007)



Formação Nova Aurora

A Formação Nova Aurora, conforme caracterizada por VIVEIROS *et al.* (1978), é constituída por um pacote com predominância de metadiamicctitos, considerados como fluxos de detritos (*debrisflow*) subaquosos, com intercalações subordinadas de quartzitos e metarritmitos e, subordinadamente, filitos. Estende-se desde o limite norte da faixa de ocorrência do Grupo Macaúbas, até a área a sul de Cristália. O litotipo dominante, o metadiamicctito, bem como sua posição estratigráfica, são similares às da Formação Serra do Catuni, mas a Formação Nova Aurora distingue-se por apresentar horizontes de formação ferrífera, refletindo importante variação faciológica. Esses horizontes ferruginosos, localmente, encerram depósitos de minério de ferro de volume muito expressivo, individualizados como Membro Riacho das Poções, Formação Nova Aurora.

O Membro Riacho das Poções compreende os metadiamicctitos ferríferos e suas intercalações de quartzitos hematíticos e lentes de hematita xistosa. VIVEIROS *et al.* (1978) consideraram o Membro Riacho Poções como um nível único que se repete por dobramento. Entretanto, a interpretação mais provável é que exista mais de um horizonte ferruginoso, mostrando uma recorrência dos processos de aporte de ferro na bacia de sedimentação. Essa hipótese é reforçada pela presença de horizontes ricos em ferro, tanto na formação basal, Rio Peixe Bravo, como na Formação Chapada Acauã.

A espessura estimada para a Formação Nova Aurora é da ordem de 1000 a 2000 m, podendo atingir 3000 m, segundo MOURÃO *et al.* (1997). O membro Riacho das Poções, individualmente, possui espessura média estimada em cerca de 600 m (VIVEIROS *et al.*, 1978).

A Formação Nova Aurora grada lateralmente para a formação Chapada Acauã, que aflora mais ao sul, estratigraficamente acima dos metadiamicititos da formação Serra do Catuni. Em função disto, acredita-se que a Formação Nova Aurora represente um segundo nível clástico, descontínuo, de metadiamicititos na bacia Macaúbas. Essa recorrência de metadiamicititos em níveis estratigráficos diferentes seria fruto de movimentações tectônicas extensionais na borda da bacia neoproterozóica.

Formação Chapada Acauã

Sobrejacente à Formação Nova Aurora encontra-se, no setor oriental onde se localizada o complexo minerário, a Formação Chapada Acauã. No sentido leste, a Formação Chapada Acauã passa lateral e verticalmente para a Formação Salinas, conforme descrito por MOURÃO & PEDROSA-SOARES (1992).

A Formação Chapada Acauã é subdividida, portanto, em dois membros. O membro inferior, denominado Rio Preto, situado a sudoeste da área de estudo, corresponde a uma sequência vulcanosedimentar onde xistos verdes de origem vulcânica intercalam-se em parte da pilha de metadiamicititos e preservam localmente estrutura almofadada e outras evidências de derrames submarinos. Sua composição isotópica Sm-Nd indica ter basaltos como protolitos, os quais atravessaram a crosta continental antes de sua deposição (UHLEIN 1991; CPRM-CODEMIG 2003; GRADIM *et al.*, 2005).

O membro superior da Formação Chapada Acauã, denominado Membro Mato Grande, é estritamente sedimentar tardi a pós-glacial, tendo sido depositado em ambiente plataformar de margem passiva proximal. Os principais litotipos que o constituem definem uma sucessão cíclica de intercalações de metadiamicititos, metaturbiditos arenosos e metapelitos, com pelo menos uma espessa lente de calcário dolomítico no topo (MOURÃO & PEDROSA-SOARES, 1992; PEDROSA-SOARES *et al.*, 1992; GROSSI-SAD *et al.*, 1997; NOCE *et al.* 1997; PEDROSA-SOARES & GROSSI-SAD, 1997; MARTINS, 2006).

3.1.3.3 - Contexto geomorfológico regional

No contexto geomorfológico regional, a área de estudo do complexo minerário e da adutora apresenta-se como superfície elevada, com formas de relevo dos tipos serras, planaltos e chapadas. As maiores altitudes estão na Serra do Espinhaço, a oeste da área de estudo, e as menores estão a leste, onde ocorrem planaltos e, localmente, chapadas.

Sob enfoque mais restrito, a área de estudo está inserida na borda leste do Planalto Setentrional da Serra do Espinhaço, que se estende desde a cidade de Couto de Magalhães, em Minas Gerais, até o centro-sul da Bahia (SAADI, 1995). Essa região pode ser dividida em duas unidades geomorfológicas: o Planalto do Rio Jequitinhonha e a Depressão do Rio Jequitinhonha, sendo que a área de estudo do empreendimento se insere no domínio de Planalto.

O **Planalto do Rio Jequitinhonha** é o setor que abrange a maior parte do médio vale do rio Jequitinhonha, até as proximidades da confluência do rio São Miguel, na localidade de Jequitinhonha (CETEC, 1982). É representado por extensas superfícies de aplainamento constituídas pela Superfície de Aplainamento Sulamericana (KING, 1956 *apud* SAADI, 1995; GROSSI-SAD *et al*, 1997).

Compõe-se de áreas aplainadas, limitadas por rebordos erosivos bem marcados, denominados regionalmente de “chapadas”, com altitudes mais frequentes próximas a 900 m, atingindo cotas de até 1.200 m a oeste/sudoeste. Essas áreas alternam-se com zonas dissecadas que acompanham os rios principais e seus afluentes, onde predominam vertentes ravinadas e vales encaixados, cristas, colinas e pontões. De oeste para leste, as vertentes pedimentadas são substituídas gradativamente por vertentes elaboradas sob clima mais úmido, com ravinas e vales encaixados, onde são generalizados os depósitos de tálus (CETEC, 1982).

A **Depressão do Rio Jequitinhonha** corresponde a uma faixa de áreas rebaixadas ao longo do rio Jequitinhonha e de alguns de seus afluentes (CETEC, 1982). É caracterizada por um conjunto de colinas baixas circundadas por chapadas e não representam segmentos da Serra do Espinhaço (GROSSI-SAD *et al.*, 1997). Apresenta altitudes que variam em torno de 400 m, com um caimento gradativo para leste. Caracteriza-se por uma superfície de aplainamento do pleistoceno, dissecada em colinas de topo aplainado, vales de fundo chato e interflúvios tabulares (CETEC, 1982).

3.1.3.4 - Contexto geomorfológico local

A geomorfologia local é descrita separadamente para as estruturas do complexo minerário e da adutora do Projeto Vale do Rio Pardo. Considerou-se no estudo as unidades geomorfológicas, os modelados e as formas cujas ocorrências foram identificadas em campo, no contexto das áreas de estudo das estruturas do empreendimento.

O relevo local identificado é composto predominantemente por extensas chapadas, ligeiramente basculadas para leste e recortadas por zonas de intensa dissecação fluvial.

Os rebordos erosivos dessas chapadas correspondem à transição entre os topos aplanados e os vales encaixados, configurando muitas vezes escarpamentos rochosos. Nos vales ocorrem feições elaboradas tanto sobre depósitos de material coluvionar, quanto sobre depósitos de material eluvionar. Esses materiais conformam as colinas que surgem nos patamares intermediários das vertentes locais, em meio a afloramentos pontuais de rocha.

A área de estudo do complexo minerário, denominada de Bloco 8, insere-se na sub-bacia do córrego Lamarão, afluente da margem direita do rio Vacaria. Essa área abrange os vales das microbacias onde estão projetadas as estruturas do Bloco 8 (cava, barragem de rejeitos, barragens de água, unidade industrial, vias e demais estruturas de apoio), a saber: córrego Capão da Onça, córrego Capão do Meio, córrego da Batalha, córrego da Nem, córrego do Vale, córrego Mundo Novo e parte do córrego Lamarão (desde sua nascente até a confluência com o córrego Jibóia).

No contexto da sub-bacia do córrego Lamarão observa-se a compartimentação da área de estudo em duas unidades geomorfológicas: os topos das chapadas, que correspondem às superfícies de aplanamento (A), e os vales, que representam formas de dissecação fluvial (F). Por meio de uma análise mais detalhada são observadas dentro dos limites dos vales feições do tipo colinas confinadas por escarpas associadas aos processos de dissecação fluvial.

3.1.3.5 - Inserção das cavernas no contexto geológico-geomorfológico

O contexto geológico no qual se inserem as cavidades do complexo minerário relaciona-se aos metadiamicritos ferruginosos, com processos limitados de enriquecimento supergênicos e praticamente sem neoformação de minerais supergênicos, o que os difere consideravelmente das típicas formações ferríferas, como as que ocorrem no Quadrilátero Ferrífero e em Carajás, dentre diversos outros locais de importância espeleológica.

Os processos dentro de um mesmo grupo de rocha podem ser aplicados e replicados quando são observadas características compatíveis. Contudo, nesse caso, apesar de algumas comparações possíveis, foi necessário buscar dados específicos sobre cavidades em rochas metadiamicríticas ou similares composicional e texturalmente, sendo possível, entretanto, utilizar alguns dados referentes a rochas portadoras de mineralização ferrífera.

O Brasil apresenta cenário promissor para a ocorrência de cavernas em formações ferríferas bandadas, pois é possuidor de algumas das maiores reservas de minério de ferro do mundo. As duas grandes regiões que concentram as maiores jazidas de minério de ferro no Brasil são o Quadrilátero Ferrífero, na porção centro-sul do Estado de Minas Gerais, e a Serra dos Carajás, a sudoeste do Estado do Pará (AULER & PILÓ, 2005a). Situação semelhante é passível de existência associada aos metadiamicritos, apesar de que na região norte de Minas Gerais os processos intempéricos são menos atuantes, devido às condições climáticas locais.

Apesar de ainda pouco estudadas, já existem alguns apontamentos sobre a formação de cavernas em minério de ferro. SIMMONS (1963) foi o primeiro a descrever processos de gênese nessa litologia ligados à dissolução de minerais como dolomita, ocasionalmente presente nas rochas, mas também de quartzo e hematita, levando à formação de uma zona de minério de ferro alterado de alta porosidade, que em alguns casos chega a atingir 50% do volume da rocha. Em regiões de minério de ferro silicoso, a dissolução da sílica também exerce um papel importante.

Nota-se que a maioria das cavernas já estudadas em regiões de ocorrência de depósitos de ferro é constituída por dois litotipos: a formação ferrífera local e algum produto de alteração, que pode ser canga, limonita, ferricrete ou outro. Quanto à dimensão, os levantamentos realizados até o momento apontam que no universo das cavernas nessa litologia elas são de pequenas dimensões, poucas vezes superando 100 metros de projeção horizontal. Inserem-se, normalmente, na base de pequenas escarpas rochosas perpendiculares às vertentes, estando localizadas tanto em alta quanto em média vertente, em geral associadas a pequenas manchas arbóreas em meio à vegetação de campos ferruginosos. As entradas são de pequenas dimensões, dando acesso a galerias mais amplas (PILÓ & AULER, 2005).

A gênese das cavernas em minério de ferro e nos produtos de alteração admite a existência de duas etapas distintas. A primeira dessas etapas tem predominância de processos dissolutivos (químicos) e a segunda sob a ação de processos erosivos (físicos) (SIMMONS, 1963), sendo o processo químico mais intenso em áreas com clima menos seco. Zonas de contato entre a zona alterada e a rocha são constituem locais favoráveis à ocorrência espeleológica. Quando desenvolvidas por processos químicos, as cavernas evoluem, a princípio, sem um contato com o exterior, que é gerado tardiamente com o recuo lateral da vertente. A evolução posterior dá-se através do carreamento de sedimentos finos via canalículos ou orifícios nas paredes e teto, além de abatimentos (processos erosivos) (MAURITY & KOTSCHOUBEY, 1995).

No caso dos processos físicos, comumente observados nas cavidades do Projeto Vale do Rio Pardo, o abatimento de blocos se traduz como a gênese mais comum na formação das cavidades.

Na base de dados do CECAV (2012) existem poucas cavernas no Grupo Macaúbas, sendo que todas elas ocorrem em quartzitos, à exceção da Caverna do Mocarorô, que se desenvolve em metadiamicritos. Ressalta-se que todas as cavernas identificadas no presente estudo e caracterizadas neste relatório encontram-se hospedadas em rochas da Formação Nova Aurora, onde ocorre a predominância de metadiamicritos com horizontes de formação ferrífera.

Apesar de ser uma área ainda pouco investigada, existem dois estudos publicados que apontam que a região constitui-se como um novo sítio espeleológico (CARMO *et al.*, 2011a; CARMO *et al.*, 2011b). O primeiro estudo cita a existência de 21 cavernas já prospectadas na área, sendo que não existem ainda maiores informações sobre elas. Na outra publicação é feita a descrição de três cavernas importantes com registros de paleotocas, assunto este ainda em estágio inicial no Brasil. Em prospecções realizadas pela Brandt Meio Ambiente, no âmbito do presente processo de licenciamento, foram encontradas diversas novas cavidades no vale do rio Peixe Bravo, próximo ao local onde CARMO *et al.* (2011a; 2011b) desenvolveram os estudos de cunho científico e identificaram a presença de paleotocas. Além dessas, foram encontradas ainda duas outras cavernas, próximas à área de estudo da adutora, em sua parte sul, associadas a xistos da Formação Chapada Acauã, portanto fora do contexto regional e também fora da área de estudo do empreendimento da Sul Americana de Metais.

3.1.4 - Descrição das cavernas

3.1.4.1 - Caverna 008

Inserção na Paisagem

A Cavidade 008 (741215E / 8201524N) se situa na base de maciço rochoso, posicionada na alta vertente com elevada declividade do córrego Lamarão, a aproximadamente 837 m de altitude.

Dimensões

Apresenta pequenas dimensões: a projeção horizontal atinge 7,5 metros e o desnível 0,6 metros; a área é cerca de 14,6 m² e o volume é 27,4 m³

Morfologia

Observada em planta (Anexo 02), a cavidade apresenta morfologia afunilada, com apenas uma entrada aberta e possui um único conduto na porção distal. Sua entrada mede cerca de 2 m altura, proporcionando acesso para um conduto estreito e de teto baixo, que pode ser percorrido apenas por rastejamento (Foto 3.2). O piso da cavidade é pouco inclinado e concordante com a inclinação da vertente.

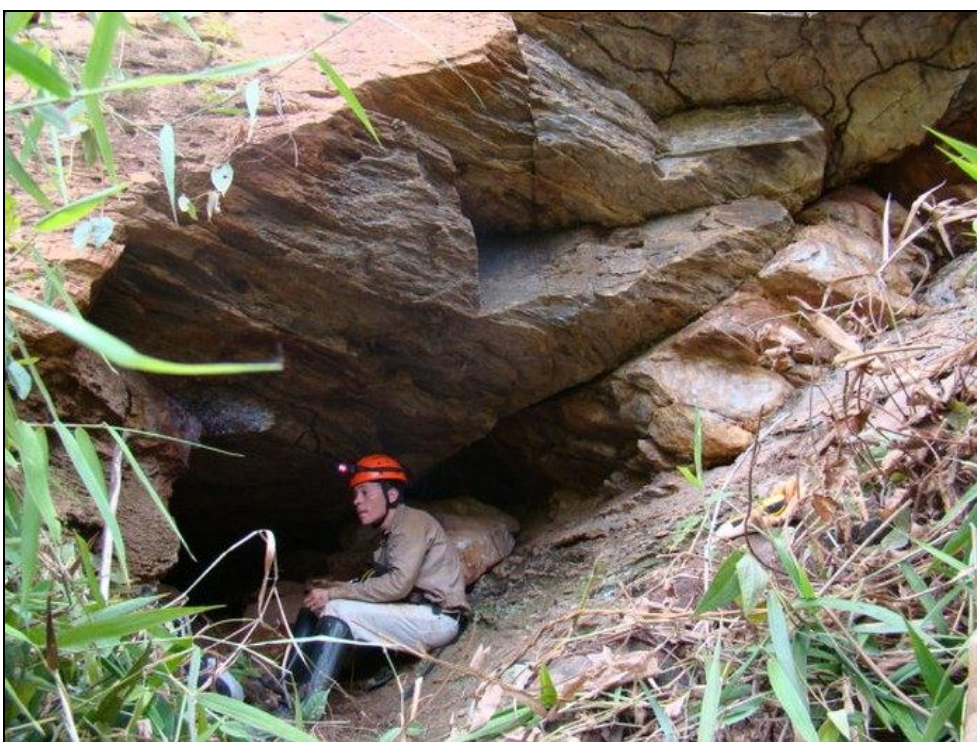


Foto 3.2 - Aspecto da cavidade e do conduto em rastejamento

Litologia e Estrutura

A rocha é o metadiamictito hematítico. A atitude do acamamento é 355/10, da foliação é 080/30 e das fraturas é N16E/52NW e N70E/84SE. As fraturas são perpendiculares em relação à foliação.

Hidrologia

A caverna não apresenta drenagem e não há indícios de condensação.

Depósitos Clásticos e Orgânicos

Embora possa se observar a presença de blocos abatidos, sedimentos terrígenos predominam na porção distal da cavidade. Observou-se a ocorrência de raízes nos planos de descontinuidade do teto.

Depósitos Químicos

A cavidade apresenta recobrimento espeleotêmico pouco representativo na forma de coralóides milimétricos próximos à entrada.

Paleontologia

Não foram observados registros paleontológicos.

3.1.4.2 - Caverna 039

Inserção na Paisagem

A Cavidade 039 (743067E / 8200597N) se localiza na base de escarpa, posicionada na média vertente do córrego Lamarão, a aproximadamente 775 m de altitude.

Dimensões

A projeção horizontal é 46,2 m, a área é 90,6 m² e volume o 85,5 m³. Já o desnível é 2,1 m.

Morfologia

A morfologia em planta é do tipo irregular (Anexo 02). Apresenta uma entrada pequena com cerca de 1 m de altura e formato triangular, condicionada por estruturas (fraturas verticais / subverticais em relação à foliação), e originada da por abatimentos (Foto 3.3). Apresenta dois setores: leste e oeste. O setor leste dispõe de condutos relativamente mais amplos e largos, com presença de blocos abatidos. Na porção distal, apresenta dois condutos menores, posicionados em um nível superior em relação ao piso, e um canalículo na parte inferior por onde fluxo de drenagem intermitente infiltra (Foto 3.4).

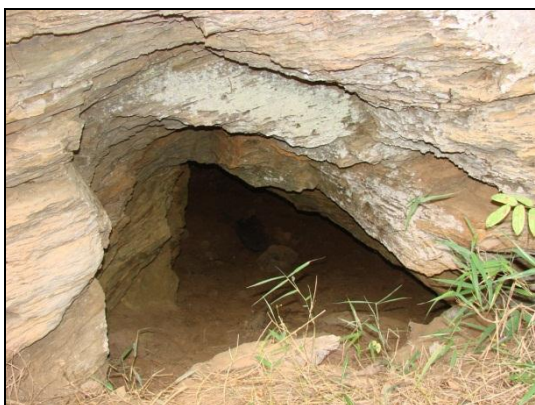


Foto 3.3 - Entrada da cavidade de morfologia triangular

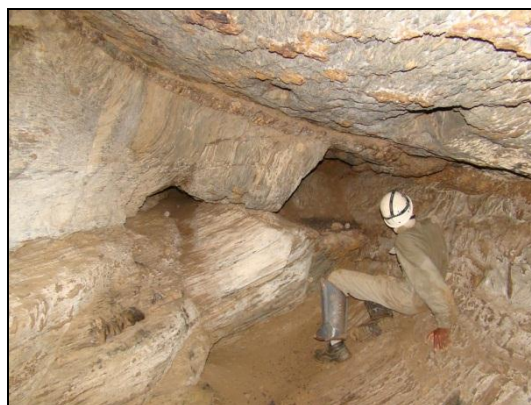


Foto 3.4 - Porção leste da cavidade

O setor oeste é mais estreito e dispõe de pequenos pilares e canalículos por onde o escoamento intermitente infiltra. Na porção distal há presença de conduto muito estreito e retilíneo, que permite percurso apenas por rastejamento (Foto 3.5). A conexão do setor leste com o oeste se dá por um conduto estreito.

De forma geral as paredes e o teto da cavidade são irregulares. O piso próximo a entrada é descendente e discordante com a vertente e posteriormente, tende a plano.



Foto 3.5 - Conduto estreito de percurso por rastejamento

Litologia e Estrutura

A rocha é o metadiamicrito hematítico, dobrado e fraturado.

Hidrologia

Possui canal de escoamento intermitente proveniente do meio externo que se ramifica em direção aos canalículos encontrados nos dois setores (leste e oeste) da caverna. Não foi observada a presença de condensação.

Depósitos Clásticos e Orgânicos

Predominam sedimentos terrígenos, mas também ocorrem calhaus e seixos dispersos no piso. Sedimentos de granulometria maior se concentram próximos à entrada. Guano foi observado na porção leste da cavidade.

Depósitos Químicos

A caverna se caracteriza pela pouca variedade de sedimentação química: coralóides milimétricos se encontram localmente na parede da cavidade, associados à crostas brancas (Foto 3.6). Pequenas crostas lustrosas recobrimo bloco se encontram situadas na porção leste da cavidade (Foto 3.7). Pigmentos brancos foram observados na entrada.



Foto 3.6 - Coralóides milimétricos associados às crostas brancas



Foto 3.7 - Pequenas crostas lustrosas recobrimo bloco

Paleontologia

Não foram observados registros paleontológicos.

3.1.4.3 - Caverna 045

Inserção na Paisagem

A Caverna 045 se localiza (741682E / 8205021N) no sopé de escarpa com entrada a 804 m de altitude, posicionada na média vertente da margem esquerda do córrego Mundo Novo.

Dimensões

A Caverna 045 possui dimensões relativamente pequenas, possuindo 8,1 m de projeção horizontal. Seu desnível (0,4 m), área (5,9 m²) e volume (4,7 m³) são pouco significativos.

Morfologia

Observando-se esta caverna em planta baixa (Anexo 02), nota-se que a mesma apresenta morfologia do tipo curvilínea. Possui uma entrada pequena com cerca de um metro de altura e 0,77 de largura e morfologia arredondada (Foto 3.8). Desenvolve-se por um único conduto condicionado por fraturas. Ao longo deste ocorre um estreitamento e torna-se intransponível, embora continue por meio de um canalículo. A inclinação do piso é baixa e as paredes e o teto são regulares. Quanto às microfieções, foram observados pequenos alvéolos nas paredes, acompanhando a foliação da rocha.



Foto 3.8 - Interior da Cavidade 045

Litologia e Estrutura

A rocha é o metadiamicrito hematítico, com fraturas verticais e subverticais em relação ao plano de foliação.

Hidrologia

Apresenta canal de escoamento intermitente proveniente do canalículo situado no final do conduto. Não foi observado presença de condensação

Depósitos Clásticos e Orgânicos

Sobre o piso ocorrem sedimentos terrígenos autogênicos e raízes finas.

Depósitos Químicos

A caverna se caracteriza pela ausência generalizada de espeleotemas.

Paleontologia

Não foram observados registros paleontológicos.

3.1.4.4 - Caverna 046

Inserção na Paisagem

A Caverna 046 (UTM 741681/ 8204958) se localiza no sopé de escarpa, em meia vertente da margem esquerda do córrego Mundo Novo, a cerca de 807 metros de altitude.

Dimensões

A Caverna 046 apresenta dimensões relativamente pequenas, possuindo 9,7 metros de projeção horizontal, desnível de 0,6 m, área de 11,4 m² e volume de 15 m³.

Morfologia

A caverna, conforme ilustrado na planta baixa (Anexo 02), apresenta morfologia do tipo reticulada, com paredes bem marcadas. Possui duas entradas (Foto 3.9), sendo uma de difícil acesso. Os tetos e paredes são irregulares com presença de patamar. O piso é relativamente plano e suavemente concordante com a inclinação da vertente. Os condutos são retilíneos e condicionados por fraturas. Nas paredes foram identificados alvéolos de dimensões centimétricas nos planos de foliação.



Foto 3.9 - Entrada principal da Caverna 046

Litologia e Estrutura

A rocha é o metadiamicrito hematítico com acamamento de atitude 345/09 e fraturas.

Hidrologia

A caverna apresenta escoamento intermitente.

Depósitos Clásticos e Orgânicos

Predominam sedimentos terrígenos, embora blocos (matações) também ocorram sobre o piso.

Paleontologia

Não foram observados registros paleontológicos.

3.1.4.5 - Caverna 050

Inserção na Paisagem

A Caverna 050 (744314E / 8201710N) se localiza em um afloramento de 8 m de altitude, sem grande continuidade lateral, posicionada na alta vertente do córrego Lamarão, a 809 metros de altitude.

Dimensões

A cavidade apresenta relativamente pequenas dimensões: 5 m de projeção horizontal, área de 14,9 m², volume de 21,5 m³ e desnível de 0,5m.

Morfologia

Conforme pode ser observada na planta baixa (Anexo 02), esta cavidade possui morfologia do tipo afunilado. Possui uma entrada relativamente ampla, com 1,5 m de altura e 4 m de largura (Foto 3.10), e se desenvolve por um único conduto que se estreita em direção à porção distal. Os tetos e paredes são bastante irregulares com várias feições arredondadas do tipo alvéolos de dimensões centimétricas a decamétricas. Já o piso é relativamente plano com presença de blocos abatidos.



Foto 3.10 - Entrada da Caverna 050

Litologia e Estrutura

A rocha é o metadiamicrito hematítico limonitizado. Não apresenta estruturas aparentes.

Hidrologia

A cavidade se encontrava seca durante a visita, sem sinais de escoamento aparente.

Depósitos Clásticos e Orgânicos

Predominam sedimentos terrígenos (silte e areia), embora tenham sido encontrados blocos abatidos (seixos e calhaus) que se distribuem de maneira esparsa sobre o piso.

Depósitos Químicos

Não foram observados espeleotemas.

Paleontologia

Não foram observados registros paleontológicos.

3.1.4.6 - Caverna 052

Inserção na Paisagem

A Cavidade 052 (742984E / 8202700N) se localiza no sopé de escarpada, posicionada na média vertente do córrego Lamarão, a 809 metros de altitude.

Dimensões

A cavidade apresenta 12,4 m de projeção horizontal, 2,9 m de desnível, 60,9 m² de área e 303,65 m³ de volume.

Morfologia

A Cavidade 052 (Foto 3.11) apresenta morfologia simples, do tipo globular, conforme se pode observar na planta baixa do Anexo 02. Possui uma entrada e se desenvolve por um único conduto, com presença de um apêndice retilíneo, provavelmente condicionado por fratura, na porção distal da cavidade. O piso é pouco inclinado e concordante com a vertente.



Foto 3.11 - Aspecto da Caverna 052

Litologia e Estrutura

A rocha é o metadiamicrito estéril com de foliação de atitude 145/05 e uma família de fraturas de atitude N25W/77NE.

Hidrologia

A caverna não apresenta marcas de escoamento.

Depósitos Clásticos e Orgânicos

Predominam sedimentos terrígenos (argila e areia), embora tenham sido encontrados calhaus de forma dispersa sobre o piso.

Depósitos Químicos

Não foram observados espeleotemas na caverna.

Paleontologia

Não foram observados registros paleontológicos.

3.1.4.7 - Caverna 053

Inserção na Paisagem

A Caverna 053 (744398E / 8201590N) se encontra na base de escarpa, posicionada na alta vertente do córrego Lamarão, a 845 metros de altitude.

Dimensões

A cavidade possui 12,1 m de projeção horizontal, 2,7 m de desnível, 34,0 m² de área e 150,89 m³ de volume.

Morfologia

A caverna, conforme ilustrado na planta baixa (Anexo 02), se desenvolve perpendicularmente em relação à direção da escarpa e paralela à declividade da mesma. Apresenta morfologia retilínea.

Possui uma entrada relativamente ampla com aproximadamente 8 m de altitude, em forma de abrigo, proporcionando acesso a um conduto interno, através de uma passagem estreita (Foto 3.12).

As paredes deste conduto são bastante irregulares, com presença de sulcos e alvéolos que acompanham a foliação. O piso inicialmente é ascendente, acompanhando a inclinação da vertente. Após o estreitamento, este se torna mais irregular. Na porção leste da cavidade, apresenta um desnível abrupto e pode-se observar blocos abatidos e um canalículo bem definido, que se desenvolvem paralelamente à direção da escarpa.



Foto 3.12 - Passagem estreita que acessa o conduto interno da cavidade

Litologia e Estrutura

A rocha é o metadiamicictito estéril.

Hidrologia

Embora a cavidade estivesse seca durante a ocasião do estudo, foram identificados sulcos nas paredes (Foto 3.13) causados por percolação concentrada e contínua de água. Não foi observada presença de condensação.



Foto 3.13 - Sulcos nas paredes causados pela percolação de água

Depósitos Clásticos e Orgânicos

Predominam sedimentos terrígenos (silte e areia) embora tenham sido encontrados blocos abatidos (seixos, calhaus e matacões). Sobre o piso observou-se presença de guano e blocos.

Depósitos Químicos

Próximo à entrada da cavidade, observou-se coralóides do tipo couve - flor.

Paleontologia

Não foram observados registros paleontológicos.

3.1.4.8 - Caverna 059

Inserção na Paisagem

A Caverna 059 (741066E / 8204152N) se encontra no sopé de escarpa, posicionada na média vertente do córrego Mundo Novo, a 829 metros de altitude.

Dimensões

A cavidade apresenta 74,8 m de projeção horizontal, área de 260,2m², volume de 325,9m³ e 2,4m de desnível.

Morfologia

A caverna, conforme ilustrado na planta baixa (Anexo 02), apresenta morfologia irregular. Possui uma entrada estreita e interior com volume significativo. Desenvolve-se paralelamente à escarpa e perpendicularmente ao declive da mesma. O piso é relativamente plano.

O conduto principal possui direção preferencial NE-SW e apresenta blocos abatidos, pilar e cone de sedimentos (Foto 3.14).

Na parede foram identificadas microformas tais como alvéolos e micros pilares, originadas a partir do plano de foliação (Foto 3.15).



Foto 3.14 - Canalículo ativo na porção nordeste da cavidade, com aporte de sedimentos e água



Foto 3.15 - Pilares centimétricos localizados na parede da cavidade

Litologia e Estrutura

A rocha é o metadiamicrito hematítico, com presença de clastos estirados (Foto 3.16). A rocha se encontra alterada com presença de limonita entre as discontinuidades da rocha (Foto 3.17). A atitude da foliação é 155/10.



Foto 3.16 - Clastos estirados nas paredes da cavidade

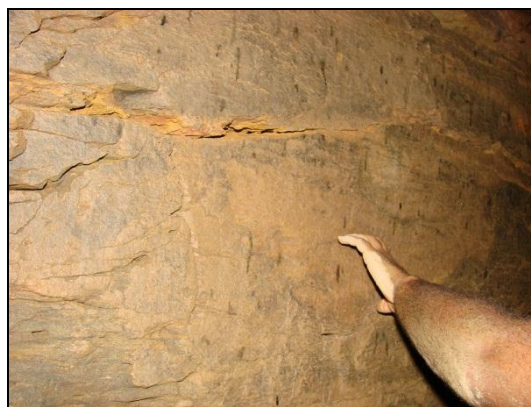


Foto 3.17 - Limonita preenchendo as discontinuidades da rocha

Hidrologia

A caverna apresenta canal de drenagem perene, proveniente de um canalículo situado na porção nordeste. A drenagem escoa em direção à entrada, formando uma pequena porção alagada próxima à mesma, mas não chega a formar uma surgência. Foi verificada a presença de condensação nas paredes da cavidade.

Depósitos Clásticos e Orgânicos

Predominam sedimentos terrígenos autogênicos e destaca-se a presença de cone de sedimentos terrígenos na porção sudoeste da cavidade. Blocos abatidos (matacões) ocorrem no conduto principal, além de calhaus e seixos dispostos de forma dispersa. Sedimentos lamosos se concentram na porção leste, associados ao canalículo posicionado no final de um pequeno prolongamento da caverna. Presença de guano foi observada nas paredes, no piso e sobre blocos.

Depósitos Químicos

A caverna é caracterizada praticamente pela ausência generalizada de espeleotemas, embora haja a ocorrência de pigmentos brancos próximos à zona da entrada e crostas marrom sobre o cone de sedimentos terrígenos.

Paleontologia

Não foram observados registros paleontológicos.

3.1.4.9 - Caverna 071

Inserção na Paisagem

A Caverna 071 (742980E / 8203082N) está posicionada na meia vertente a 802 metros de altitude, na margem esquerda do córrego Lamarão.

Dimensões

A cavidade possui 7,6 metros de projeção horizontal, desnível de 0,5 m, área de 5,7m² e volume de 4 m³.

Morfologia

Esta cavidade apresenta morfologia curvilínea, conforme ilustrado na planta baixa (Anexo 02). Possui uma pequena entrada de 1 m de altura e 1,5 m de largura (Foto 3.18). Os condutos são retilíneos, fortemente condicionados por fraturas. O piso é ascendente, concordante com a inclinação da vertente. Observam-se alvéolos nas paredes.



Foto 3.18 - Entrada da Caverna 071

Litologia e Estrutura

A rocha é o metadiamicrito estéril, com presença fraturas perpendiculares em relação aos planos de foliação. A atitude da foliação é 077/09 e das fraturas é EW/70S e N65W.

Hidrologia

A cavidade se encontrava seca durante a nossa visita.

Depósitos Clásticos e Orgânicos

Predominam sedimentos terrígenos (silte e areia), mas também foram observados calhaus dispersos sobre o piso.

Depósitos Químicos

Não foram observados espeleotemas.

Paleontologia

Não foram observados registros paleontológicos.

3.1.4.10 - Caverna 072

Inserção na Paisagem

A Cavidade 072 (742071E / 8200970N) se localiza na borda de ruptura, posicionada na alta vertente do córrego Lamarão, a cerca de 852 metros de altitude.

Dimensões

A Cavidade 072 apresenta projeção horizontal de 36,5 m, área de 94,8 m², volume de 105,9 m³ e desnível de 2 m.

Morfologia

A cavidade, conforme ilustrado na planta baixa (Anexo 02), desenvolve-se paralela à direção da escarpa e perpendicular ao declive da mesma. Apresenta morfologia afunilada, com uma primeira câmara de direção geral NE-SW, logo após a entrada, seguida de apêndices formados a partir de canalículos e uma galeria menor na porção nordeste da cavidade. O piso é relativamente plano acompanhando aproximadamente a inclinação da vertente.

Observam-se vários condutos menores no teto (Foto 3.19), e nas paredes, orientados segundo a inclinação da vertente. A cavidade também apresenta pilares (Foto 3.20), individualizando as passagens, bastante representativos na morfologia da mesma.



Foto 3.19 - Pequenos canais de dissolução no teto da cavidade



Foto 3.20 - Pilares individualizando a passagem no interior da cavidade

Litologia e Estrutura

A rocha é o metadiamicrito hematítico, com presença de clastos subarredondados e estirados (Foto 3.21).



Foto 3.21 - Aspecto da rocha no interior da cavidade, com clastos subarredondados e estirados

Hidrologia

A caverna não apresenta drenagem e não aparenta potencial para condensação. Não foi observado gotejamentos.

Depósitos Clásticos e Orgânicos

Sobre o piso predominam sedimentos terrígenos. Seixos e calhaus estão também presentes, mas de forma dispersa.

Depósitos Químicos

Apresenta coralóides milimétricos de coloração branca, possivelmente compostos de sílica amorfa. Observam-se ninhos de vespa litificados, aderidos às paredes e teto da cavidade (Foto 3.22).



Foto 3.22 - Ninhos de vespa litificados aderidos no teto da cavidade

Paleontologia

A caverna apresenta icnofósseis (marcas de garras de mastofauna pré-histórica) pouco preservados em algumas das paredes, sendo assim caracterizada como uma paleotoca. Este tema foi objeto de estudos paleontológicos desenvolvidos pelo Professor Francisco Buchmann, da Universidade Estadual Paulista de São Vicente, os quais são apresentados no Anexo 03.

Dado o indicativo da existência de várias paleotocas de maior representatividade e com vestígios melhor preservados na região onde se insere o empreendimento, bem como regionalmente, é aqui proposto que sejam realizados novos estudos paleontológicos nas paleotocas conhecidas, incluindo as cavidades 072 (complexo minerário), Boca Soberba e Tocaia de Paca (adutora), Mocororô e as que estão ora sendo estudadas no Vale dos Gigantes, em vales de córregos afluentes do rio Peixe Bravo, por iniciativa da Sul Americana de Metais. A partir desses estudos a Cavidade 072 poderá ser então classificada em termos de relevância dos aspectos paleontológicos segundo os preceitos da IN-MMA 2/2009.

3.1.4.11 - Caverna 090

Inserção na Paisagem

A Cavidade 090 (743174E / 8200667N) se encontra no sopé de escarpa, posicionada a meia vertente da margem esquerda do córrego Lamarão, a cerca de 774 metros de altitude.

Dimensões

A cavidade possui 8,3 metros de projeção horizontal, desnível de 1,6 m, área de 15,8 m² e volume de 46,6 m³.

Morfologia

A cavidade, conforme ilustrado em planta baixa no Anexo 02, se desenvolve paralelamente em relação à direção da escarpa e perpendicular à inclinação da mesma. Possui uma entrada com 5 metros de altura e 6 metros de largura (Foto 3.23). O teto, as paredes e o piso são bastante irregulares com aspecto ruiforme e presença de feições arredondadas, tipo alvéolos, um pilar e uma clarabóia. A morfologia foi definida como sendo do tipo retilínea.



Foto 3.23 - Entrada da Caverna 090

Litologia e Estrutura

A rocha é metadiamiclito hematítico limonitizado e não apresenta estruturas aparentes.

Hidrologia

A caverna se encontrava seca durante a visita.

Depósitos Clásticos e Orgânicos

Predominam sedimentos terrígenos (silte e areia), embora sejam observados seixos e calhaus dispersos sobre o piso. Foram identificados depósitos que parecem ser exoesqueletos ou carapaças de insetos e ninhos de pássaros entre as reentrâncias da rocha.

Depósitos Químicos

Foram identificados coralóides milimétricos (Foto 3.24) e crostas brancas nas paredes da caverna (Foto 3.25).



Foto 3.24 - Colaróides milimétricos nas paredes da cavidade



Foto 3.25 - Crostas brancas nas paredes da cavidade

Paleontologia

Não foram observados registros paleontológicos.

3.1.4.12 - Caverna 099

Inserção na Paisagem

A Caverna 099 (743563E / 8199064N) se situa no sopé de escarpa, posicionada na média vertente do vale do afluente do córrego Lamarão, a aproximadamente 821 metros de altitude.

Dimensões

Esta caverna possui 17,4 metros de projeção horizontal, desnível de 1,6 m, área de 13,4 m² e volume de 26,2 m³.

Morfologia

A Caverna 099 apresenta morfologia retilínea, conforme se pode observar na planta baixa do Anexo 02. Possui uma entrada condicionada por fratura e planos de foliação. Os condutos são individualizados por um pilar, com paredes condicionadas por fraturas.

Destaca-se a presença de um conduto vertical, na porção distal da cavidade, com morfologia bastante arredondada, semelhante às “chaminés”, feições típicas de cavernas em rochas carbonáticas. Os condutos são condicionados por fraturas e apresentam canal de drenagem com incisão vertical (Foto 3.26). O piso da caverna é concordante com a inclinação da vertente.



Foto 3.26 - Conduitos condicionados por fraturas e com incisão vertical pela drenagem

Observam-se canalículos (*output*) na porção distal da cavidade, orientados segundo a inclinação da vertente, com cone de sedimentos (Foto 3.27). Foi identificada a presença de domo e feições semelhantes às “bolsas de dissolução” ou *solution pocket* (PALMER, 1991), controladas por fraturas foram identificados no teto (Foto 3.28). Nas paredes ocorrem alvéolos concordantes com a foliação da rocha.



Foto 3.27 - Canalículo com cone de sedimentos



Foto 3.28 - Feição de dissolução denominada *Solution Pocket*, no teto da cavidade

Litologia e Estrutura

A rocha é o metadiamicrito argilo-arenoso estéril, apresenta clastos estirados e duas direções principais de fratura (paralela e perpendicular à direção principal da cavidade). A direção paralela condiciona maior parte do desenvolvimento da caverna. Já a perpendicular é paralela à direção da escarpa.

Hidrologia

Apresenta drenagem perene, proveniente dos canalículos na porção distal da cavidade e do conduto vertical, escoando em direção à entrada.

Depósitos Clásticos e Orgânicos

Na cavidade predominam sedimentos terrígenos e lamosos. Há presença de serapilheira proveniente do conduto vertical. Não foi observado presença de condensação.

Depósito Químico

A caverna apresenta recobrimento espeleotêmico pouco representativo. Há presença incipiente de crostas de argila (Foto 3.29), semelhantes a microtravertinos, localizadas nas paredes do conduto vertical e próximo à entrada, associadas à percolação de água.



Foto 3.29 - Crosta de argila expansiva incipiente, semelhante a microtravertinos

Paleontologia

Não foram observados registros paleontológicos.

3.1.4.13 - Caverna 110

Inserção na Paisagem

A Caverna 110 (743182E / 8199933N) está localizada no sopé da escarpa, posicionada na média vertente do vale córrego da Cancela, afluente do córrego do Lamarão, a 7830 metros de altitude.

Dimensões

A caverna possui 21,0 m de projeção horizontal, 91,2 m³ de volume, desnível de 0,91m e área de 81,0 m².

Morfologia

A caverna, conforme ilustrado em planta baixa no Anexo 02, possui morfologia curvilínea. Apresenta apenas uma entrada (Foto 3.30) e consiste em um conduto único, no sentido SWO, de teto baixo em quase toda sua extensão e com presença de vários blocos abatidos (Foto 3.31). Possui uma pequena extensão lateral na porção nordeste, próxima à entrada.

A caverna é bastante irregular nas paredes e teto. O teto é marcado por estruturas, sobretudo fraturas, muitas vezes preenchidas por material de alteração (Foto 3.32). Domos são feições recorrentes (Foto 3.33), sendo que alguns também se encontram preenchidos por material de alteração da rocha. Na parede é possível identificar alvéolos acompanhando a foliação. O piso é relativamente plano, embora esteja coberto em grande parte por blocos abatidos.



Foto 3.30 - Entrada da Caverna 110

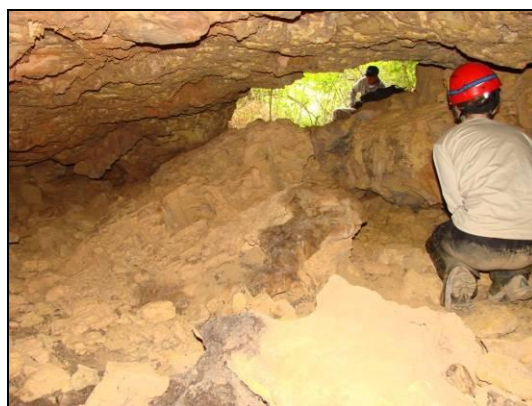


Foto 3.31 - Vista do interior da Caverna 110



Foto 3.32 - Fratura no teto da caverna preenchida por material de alteração da rocha



Foto 3.33 - Domo no teto da caverna

Litologia e Estrutura

A rocha é metadiamicrito muito alterado, recoberto por limonita (Foto 3.34), com presença de clastos angulosos de quartzo (Foto 2.35). Não apresenta estruturas aparentes.



Foto 3.34 - Aspecto da rocha da Caverna 110



Foto 3.35 - Clastos angulosos de quartzo no metadiamicrito da Caverna 110

Hidrologia

Esta caverna não apresenta drenagem. Não foi observado condensação ou gotejamento.

Depósito Clástico e Orgânico

A caverna apresenta sedimentos clásticos esparsos. Predominam blocos métricos abatidos, embora seixos e calhaus também estejam presentes. Foi verificada a presença de guano e depósitos que parecem ser exoesqueletos ou carapaças de insetos.

Depósitos Químicos

Foram identificados coralóides milimétricos nas paredes e teto, parcialmente recobertos por óxidos de ferro (Foto 3.36).



Foto 3.36 - Coralóides milimétricos no teto da Caverna 110

Paleontologia

Não foram observados registros paleontológicos.

3.1.4.14 - Caverna 112

Inserção na Paisagem

A Caverna 112 (741375E / 8204331N) se localiza na borda de calha de drenagem, posicionada na média vertente da margem esquerda do córrego Lamarão, a 807 metros de altitude.

Dimensões

A cavidade apresenta 7,4 metros de projeção horizontal, desnível de 1,8 m, área de 7,9 m² e volume de 5,6 m³.

Morfologia

De acordo com a planta baixa dessa cavidade (Anexo 02), é possível observar que esta se desenvolve paralelamente à direção da escarpa e perpendicular à declividade da mesma. A mesma foi classificada quanto à morfologia em planta como reticulada, ainda que seu baixo desenvolvimento tenha dificultado a análise. Possui uma entrada ampla e afunilada, seguida de um estreitamento que conecta a porção distal da caverna. O piso é ascendente, concordante com a inclinação da vertente. As paredes e tetos são irregulares com presença de alvéolos.

Foram observados alguns apêndices nas laterais da cavidade, em forma de canaliculos.

Litologia e Estrutura

A rocha é o metadiamicrito hematítico com atitude do acamamento igual a 345/20.

Hidrologia

A cavidade se encontrava seca durante a visita.

Depósitos Clásticos e Orgânicos

Predominam sedimentos terrígenos (areia e silte) autogênicos, mas também foram encontrados blocos angulosos (calhaus) dispersos sobre o piso (Foto 3.37).



Foto 3.37 - Sedimentos terrígenos autóctones, além de calhaus angulosos

Depósitos Químicos

Foram observados espeleotemas do tipo coralóides e crostas brancas na entrada.

3.1.4.15 - Caverna 117

Inserção na Paisagem

A Cavidade 117 (741.273E / 8204220N) se localiza na margem esquerda do córrego Mundo Novo, posicionado na baixa vertente a aproximadamente 779 metros de altitude.

Dimensões

Esta cavidade apresenta dimensões relativamente pequenas, possuindo 9,4 metros de projeção horizontal. Seu desnível (0,3 m), área (14, 8 m²) e volume (12,1 m³) são pouco significativos.

Morfologia

A cavidade, conforme ilustrado na planta baixa (Anexo 02), possui morfologia irregular com entrada em desnível abrupto (Foto 3.38) ascendente e concordante com a inclinação da vertente, proporcionando acesso a dois condutos afunilados na porção distal e que se desenvolve paralelamente à direção da escarpa e perpendicularmente ao declive da mesma. A parede e o teto são irregulares, com presença de alvéolos e o piso o é relativamente plano.



Foto 3.38 - Entrada da Cavidade 117

Litologia e Estrutura

A rocha é o metadiamicrito hematítico.

Hidrologia

Nos dois condutos foram observadas canais de drenagens intermitentes, tributários diretos do canal principal do vale o córrego Mundo Novo.

Depósitos Clásticos e Orgânicos

Predominam sedimentos terrígenos, mas também foram identificados seixos de formas esparsas sobre o piso.

Depósitos Químicos

Não foram identificados espeleotemas.

Paleontologia

Não foram observados registros paleontológicos.

3.1.4.16 - Caverna 121

Inserção na Paisagem

A Caverna 121 (741315E / 8204207N) se localiza no sopé de escarpa, posicionada na média vertente do córrego Mundo Novo, a aproximadamente 799 metros de altitude.

Dimensões

A caverna possui 8,4 m de projeção horizontal, desnível de 0,6 m, área de 7,7 m² e volume de 4,6 m³.

Morfologia

De acordo com a planta baixa (Anexo 02), essa caverna apresenta morfologia retilínea. A entrada apresenta desnível abrupto, concordante com a inclinação da vertente, e se desenvolve por dois condutos paralelos (Foto 3.39). Os tetos e paredes são irregulares, e piso é relativamente plano.

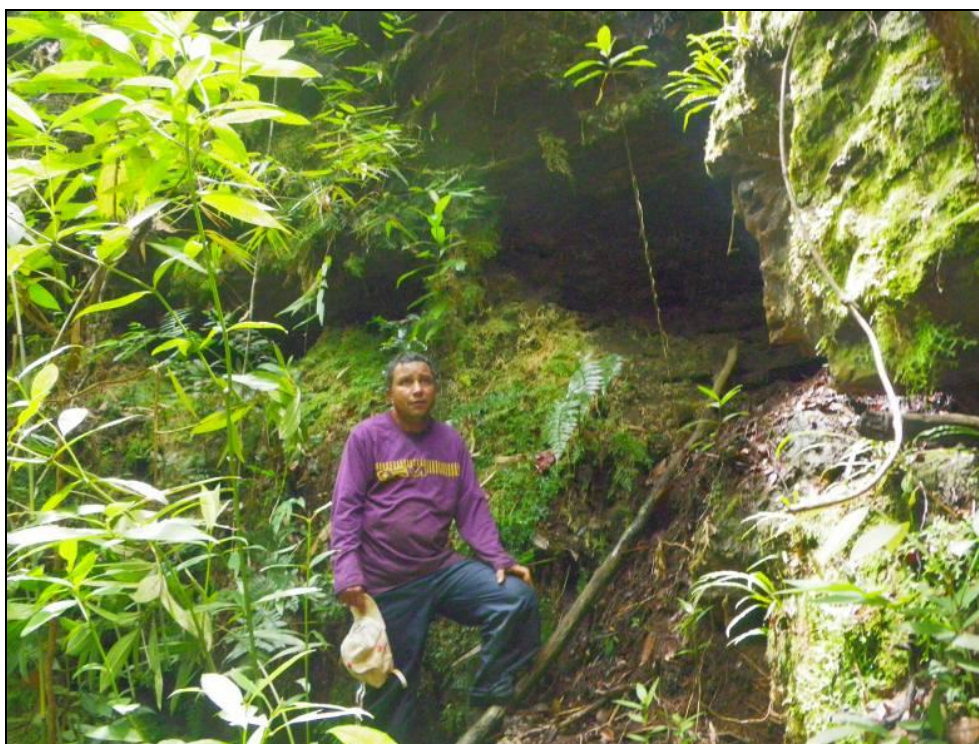


Foto 3.39 - Entrada da Caverna 121

Litologia e Estrutura

A rocha é o metadiamicrito hematítico.

Hidrologia

A caverna se encontra seca durante a visita.

Depósitos Clásticos e Orgânicos

Predominam sedimentos terrígenos, mas também foram observados calhaus dispersos sobre o piso.

Depósito Químico

Foram observados espeleotemas do tipo coralóides, recobertos por óxidos de ferro.

Paleontologia

Não foram observados registros paleontológicos.

3.1.4.17 - Caverna 124

Inserção na Paisagem

A cavidade apresenta 12,0 m de projeção horizontal, desnível de 2,1 m, área de 19,8 m² e volume de 30,7 m³.

Dimensões

A cavidade apresenta 12,0 m de projeção horizontal, desnível de 2,1 m, área de 19,8 m² e volume de 30,7 m³.

Morfologia

A caverna, conforme ilustrado em planta baixa (Anexo 02), desenvolve-se perpendicularmente à direção da escarpa e paralelamente ao declive da mesma. Possui morfologia retilínea e apresenta uma entrada pequena, com cerca de 1,5 m de altura e 2 m de largura (Foto 3.40), desenvolvendo-se por um único conduto retilíneo. O teto e as paredes são irregulares (Foto 3.41) e o piso relativamente plano.

Observou-se a presença de um canalículo ativo na porção distal da cavidade, posicionado em nível superior, a aproximadamente de 2,5 m de altura, em relação ao atual piso da cavidade. O piso é relativamente plano com presença de blocos abatidos (calhaus), próximo à entrada e presença de alvéolo.



Foto 3.40 - Entrada da
Caverna 124



Foto 3.41 - Aspecto da parte
interna da caverna

Litologia e Estrutura

A rocha é o metadiamicrito hematítico.

Hidrologia

A cavidade possui drenagem perene proveniente do canalículo na porção distal da cavidade. O escoamento forma empocamento de água, devido ao barramento do seu canal por depósitos de sedimentos próximos à entrada.

Depósitos Clásticos e Orgânicos

Predominam sedimentos terrígenos e blocos abatidos (calhaus) próximos à entrada.

Depósitos Químicos

Foram observados espeleotemas milimétricos do tipo coralóides (Foto 3.42), escorrimentos e crostas de óxidos de ferro.



Foto 3.42 - Crostas de óxido de ferro na parede da cavidade

Paleontologia

Não foram observados registros paleontológicos.

3.1.4.18 - Caverna 126

Inserção na Paisagem

A Caverna 126 (741754E / 8204339N) está situada na base da escarpa, posicionada na média vertente da margem direita do córrego Mundo Novo, a 770 metros de altitude.

Dimensões

A cavidade apresenta 7,5 metros de projeção horizontal, desnível de 0,3 m, área de 14,6 m² e volume de 38,3 m³.

Morfologia

A cavidade apresenta morfologia do tipo abrigo, conforme ilustrado em planta baixa no Anexo 02. Possui uma entrada relativamente ampla, com 6 m de altura e 3 m de largura (Foto 3.43). O teto e as paredes são irregulares com presença de vários alvéolos e canaliculos. O piso também é irregular.



Foto 3.43 - Entrada da Caverna 126

Litologia e Estrutura

A rocha encaixante é o metadiamicção hematítico com presença de foliação com atitude 130/10 e fratura de direção N64E perpendicular em relação à foliação.

Hidrologia

A cavidade se encontrava seca durante a nossa visita.

Depósitos Clásticos e Orgânicos

Predominam sedimentos terrígenos, mas também foram observados seixos dispersos sobre piso.

Depósitos Químicos

Foi observado escorrimento na entrada da cavidade.

Paleontologia

Não foram observados registros paleontológicos.

3.1.4.19 - Caverna 130

Inserção na Paisagem

A Cavidade 130 (741330E / 8204237N) se situa na base de escarpa, posicionada na média vertente do vale do córrego Mundo Novo, a 803 metros de altitude.

Dimensões

Essa cavidade apresenta dimensões relativamente pequenas, possuindo 5,2 metros de projeção horizontal. Seu desnível (1,0 m), área (13,3 m²) e volume (10,4m³) são pouco significativos.

Morfologia

A cavidade possui morfologia afunilada, conforme ilustrado em planta baixa (Anexo 02), e se desenvolve perpendicularmente à direção da escarpa e paralelamente à inclinação da mesma. Possui uma entrada de aproximadamente 1 metro de altura e 2 metros de largura (Foto 3.44). O teto e as paredes são irregulares com presença de alvéolos centimétricos concordantes com a foliação. O piso é relativamente plano, levemente inclinado e concordante com o declive da vertente.



Foto 3.44 - Entrada da Caverna 130

Litologia e Estrutura

A rocha é o metadiamicrito hematítico com foliação de atitude 120/09 e fratura com direção N76W.

Hidrologia

A caverna se encontrava seca durante a visita de campo.

Depósitos Clásticos e Orgânicos

Predominam sedimentos terrígenos autogênicos, mas também foram observados blocos abatidos dispersos sobre o piso, de diferentes granulometrias (matacões, calhaus e seixos).

Depósitos Químicos

Foram identificados coralóides submilimétricos.

Paleontologia

Não foram observados registros paleontológicos.

3.1.4.20 - Caverna 134

Inserção na Paisagem

A Caverna 134 (743353E / 8201783N) se localiza na base de escarpa, posicionada na baixa vertente do córrego Mundo Novo, a 721 metros de altitude.

Dimensões

A cavidade apresenta dimensões relativamente pequenas, possuindo 8,1 metros de projeção horizontal. Seu desnível (1,1 m), área (28,4 m²) e volume (28,7 m³) são pouco significativos.

Morfologia

Essa cavidade apresenta morfologia afunilada (Anexo 02). Possui uma entrada relativamente pequena, com 1 metro de altura e 1,5 metros de largura, e desnível abrupto concordante com a inclinação da vertente (Foto 3.45). O teto e o piso são irregulares, com presença de alvéolos centimétricos concordantes com a foliação, e um pilar individualizando a passagem. O piso é pouco ascendente e irregular.



Foto 3.45 - Entrada da Caverna 134

Litologia e Estrutura

A rocha é o metadiamicrito hematítico com presença de foliação perpendicular em relação à fratura.

Hidrologia

A rocha encontrava-se seca durante a nossa visita.

Depósitos Clásticos e Orgânicos

Sedimentos terrígenos predominantemente autogênicos sobre piso de rocha sã.

Depósitos Químicos

Não foram observados.

Paleontologia

Não foram observados registros paleontológicos.

3.1.4.21 - Caverna 135

Inserção na Paisagem

Cavidade 135 (743310E / 8201634N) situada na base de escarpa, posicionada na baixa vertente junto à margem esquerda do leito do córrego Lamarão (Foto 3.46), a 740 metros de altitude.



Foto 3.46 - Inserção da paisagem da Caverna 135, à margem do córrego Lamarão

Dimensões

A caverna apresenta 5,6 m de projeção horizontal, 1,6 m de desnível, 54,9 m² de área e volume de 151,1 m³.

Morfologia

A caverna, conforme ilustrado em planta baixa (Anexo 02), apresenta morfologia do tipo abrigo. Desenvolve perpendicularmente à direção da escarpa e paralelamente à declividade da mesma. Possui uma entrada, paredes, teto e piso irregulares (Foto 3.52). Sobre o piso ocorrem blocos abatidos (matacões).



Foto 3.47 - Aspecto da Caverna 135

Litologia e Estrutura

A rocha encaixante é o metadiamicrito hematítico com foliação de atitude 228/07 e duas famílias de fraturas com atitudes N50W/55NE e N25E/74NW.

Hidrologia

A caverna se encontrava seca durante a visita.

Depósitos Clásticos e Orgânicos

Predominam sedimentos terrígenos, mas também ocorrem blocos abatidos (matacões) sobre o piso.

Depósitos Químicos

Foram observados espeleotemas do tipo coralóides submilimétricos, de cor branca, não caracterizado.

Paleontologia

Não foram observados registros paleontológicos.

3.1.4.22 - Caverna 144

Inserção na Paisagem

A Caverna 144 (742960E / 8202952N) se encontra na base de escarpa, situada na média vertente a aproximadamente 810 metros de altitude, próxima à cabeceira de tributário de primeira ordem na margem direita do córrego Lamarão.

Dimensões

A cavidade apresenta 12,5 metros de projeção horizontal, desnível de 1,2 m, área de 11,3 m² e volume de 3,8 m³ são pouco significativos.

Morfologia

A cavidade, conforme ilustrado em planta baixa (Anexo 02), apresenta morfologia reticulada. Possui uma entrada relativamente pequena com 0,6 m de altura e 1 m de largura (Foto 3.48), que acessa um único conduto estreito condicionado por fraturas. Observa-se ramificações nas laterais, algumas em forma de canalículos, aparentemente controlados por fraturas. As paredes e tetos são irregulares. O piso é relativamente plano, com leve inclinação concordante com o declive da vertente.



Foto 3.48 - Entrada da Caverna 144

Litologia e Estrutura

A rocha é o metadiamicrito hematítico com foliação de atitude 105/11.

Hidrologia

À época da inspeção geoespeleológica da cavidade foi observado sedimentos terrígenos com elevado teor de umidade indicando circulação de água em todo o desenvolvimento da cavidade. Na etapa de topografia desta cavidade dois cursos d'água que se juntam no interior da cavidade foram mapeados o que indica a ocorrência de um fluxo intermitente de água na caverna, a qual foi considerada como inserida em cabeceira de drenagem.

Depósitos Clásticos e Orgânicos

O piso da cavidade é constituído predominantemente por sedimentos terrígenos.

Depósitos Químicos

Foram observados espeleotemas do tipo coralóides.

Paleontologia

Não foram observados registros paleontológicos.

3.1.4.23 - Cavidade 150

Inserção na Paisagem

A Cavidade 150 (741613E / 8201225N) se localiza no sopé de escarpa, posicionada na média vertente do vale do afluente do córrego Lamarão, a aproximadamente 814 metros de altitude.

Dimensões

A cavidade apresenta 15,4m de projeção horizontal, área de 31,5 m², volume de 80,4 m³ e desnível de 0,5 m.

Morfologia

A cavidade, conforme ilustrado em planta baixa (Anexo 02), apresenta morfologia curvilínea. Possui uma entrada relativamente ampla com aproximadamente 9 m de altura, que acessa um único conduto com 0,8 m de altura (Foto 3.49), que se desenvolve perpendicularmente à direção da escarpa e paralelamente à inclinação da mesma. O teto e paredes são irregulares, com alvéolos milimétricos acompanhando a foliação. Apresenta alvéolos e o piso é relativamente plano.



Foto 3.49 - Conduto estreito de acesso por rastejamento

Litologia e Estrutura

A rocha é o metadiamicrito hematítico.

Hidrologia

A cavidade se encontrava seca durante a nossa visita.

Depósitos Clásticos e Orgânicos

Predominam sedimentos terrígenos, mas foram observados blocos abatidos de hematita (matacões, calhaus e seixos).

Depósitos Químicos

Foram observados colaroides submilimétricos, aparentemente de óxidos de ferro, situados nas paredes da cavidade acompanhando a foliação da rocha (Foto 3.50).



Foto 3.50 - Coralóides nas paredes da cavidade, acompanhando a foliação da rocha

Paleontologia

Não foram observados registros paleontológicos.

3.1.4.24 - Cavidade 151

Inserção na Paisagem

A Cavidade 151 (741590E / 8201187N) se situa na base de escarpa, posicionada na média vertente do vale do afluente do córrego Lamarão, a aproximadamente 808 metros de altitude.

Dimensões

A cavidade apresenta dimensões relativamente pequenas, possuindo 8,2 metros de projeção horizontal. Seu desnível (2,4 m), área (31,1 m²) e volume (58,5 m³) são pouco significativos.

Morfologia

A cavidade, conforme ilustrado em planta baixa (Anexo 02), apresenta morfologia do tipo abrigo. Possui uma entrada ampla com cerca de 4 metros de altitude. Observam-se canalículos na interface piso / teto e no teto. Alguns dos canalículos posicionados no teto são verticais, possivelmente condicionados por fraturas. Estes canalículos parecem ter extensões significativas, e morfologicamente se assemelham a chaminés, feições típicas do carste carbonático. Além disso, é possível observar alvéolos e o piso se mostra ascendente e discordante com a inclinação da vertente (Foto 3.51).



Foto 3.51 - Aspecto morfológico da Cavidade 151

Litologia e Estrutura

A rocha é o metadiamicrito hematítico com foliação subhorizontalizada e uma família de fraturas com atitude N30W/50SW.

Hidrologia

A cavidade se encontrava seca durante a visita.

Depósitos Clásticos e Orgânicos

Foram observados sedimentos terrígenos (argila e areia) sobre o piso.

Depósitos Químicos

Foram observados coralóides submilimétricos nas paredes.

Paleontologia

Não foram observados registros paleontológicos.

3.1.4.25 - Caverna 152

Inserção na Paisagem

A Caverna 152 (743558E / 8199155N) se situa no sopé de escarpa, posicionada na alta vertente do afluente do córrego Lamarão, a aproximadamente 821 metros de altitude. Encontra-se próxima à Caverna 099, a cerca de 100 metros da mesma.

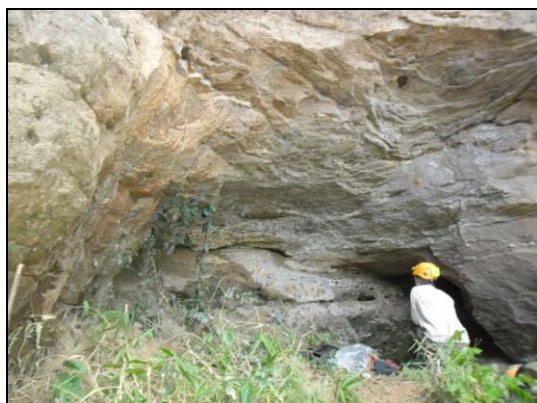
Dimensões

A caverna apresenta 28,8 metros de projeção horizontal, 2,2 metros de desnível, 20,2 m² de área e 60,0 m³ de volume.

Morfologia

Essa caverna, conforme mostra a planta baixa do Anexo 02, apresenta morfologia reticulada, isto é, com cruzamento de condutos condicionados por estruturas. Possui uma entrada ampla em forma de abrigo, de aproximadamente 3 m de altura e 5 m de largura (Foto 3.52). A entrada acessa três condutos, sendo um deles posicionado em nível inferior em relação aos demais.

Os condutos são estreitos e retilíneos, nitidamente controlados por fraturas, e se desenvolvem no contato da mudança de direção da escarpa, sendo esta controlada pela direção dos planos de fratura (Foto 3.53). O conduto em nível inferior apresenta fluxo de drenagem e quantidade significativa de depósito de sedimentos.



**Foto 3.52 - Entrada da Caverna
152**



**Foto 3.53 - Conduto
condicionado por fraturas**

Quanto às microfieções, foram observados domos e alvéolos (Fotos 3.54 e 3.55), condicionados por fraturas e foliação, respectivamente. Destaca-se a presença de vários apêndices em forma de canaliculos, que alteram a morfologia da caverna.



**Foto 3.54 - Domo no teto da
caverna, controlado por fratura**



**Foto 3.55 - Alvéolo
condicionado pela foliação**

Litologia e Estrutura

A rocha é o metadiamicrito estéril fraturado e foliado (Fotos 3.56 e 3.57).



Foto 3.56 - Fratura preenchida por veio de quartzo



Foto 3.57 - Clasto arredondado de quartzo

Hidrologia

O conduto inferior apresenta saída de água que constitui uma surgência, com vazão significativa (Foto 3.58).



Foto 3.58 - Conduto posicionado em nível inferior com presença de drenagem

Depósitos Clásticos e Orgânicos

Predominam sedimentos terrígenos, mas também foram observados seixos e calhaus de forma dispersa sobre o piso. Destaca-se a presença de quantidade significativa de sedimentos da drenagem proveniente do conduto posicionado em nível inferior (Foto 3.59).

Depósitos Químicos

Coralóides milimétricos ocorrem nas paredes da cavidade (Foto 3.60); ninhos de vespa litificados também foram observados aderidos às paredes (Foto 3.61); crostas marrons e crostas de argila expansiva, semelhantes a microtravertinos, foram encontrados próximo à entrada (Foto 3.62).



Foto 3.59 - Coralóides na parede da cavidade



Foto 3.60 - Ninhos de vespa litificados aderidos às paredes

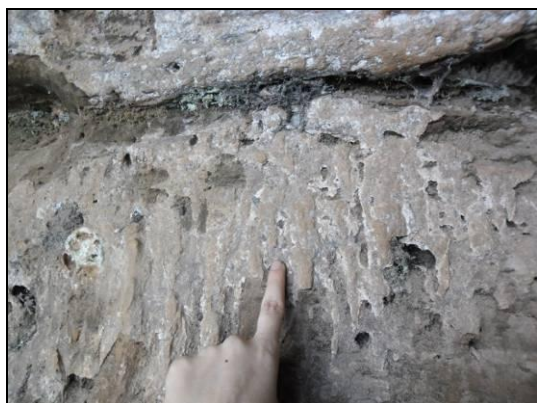


Foto 3.61 - Crostas marron na parede próxima à entrada da cavidade



3.62 - Crostas de argila expansiva, semelhante a microtravertinos

Paleontologia

Não foram observados registros paleontológicos.

3.1.5 - Análise dos Resultados

3.1.5.1 - Espeleometria

Os estudos de espeleometria consideraram as 25 cavidades naturais subterrâneas identificadas no contexto do complexo minerário e classificadas como cavernas, sendo os dados espeleométricos compilados no quadro 3.2. O quadro 3.3, na sequência, traz os dados espeleométricos referentes à caverna do Mocororô, que foi estudada de forma a compor a amostra regional. Os cálculos dos dados espeleométricos das amostras local e regional se encontram expostos no Quadro 3.4. As fichas e os mapas das cavernas com a descrição dos itens estudados encontram-se nos Anexos 01 e 02, respectivamente.

QUADRO 3.2 - Cavidades estudadas na amostra local

Cavidade	Coordenadas UTM / Fuso 23K		Altitude (m)	Projeção Horizontal (m)	Desnível (m)	Área (m ²)	Volume (m ³)	Área de Influência
	UTM leste	UTM norte						
Caverna 008	741215	8201524	837	7,5	0,6	14,6	27,4	ADA
Caverna 039	743067	8200597	775	46,2	2,1	90,6	85,5	ADA
Caverna 045	741682	8205021	804	8,1	0,4	5,9	4,7	ADA
Caverna 046	741681	8204958	807	9,7	0,67	11,4	15	ADA
Caverna 050	742984	8202700	809	4,9	0,5	14,9	21,5	ADA
Caverna 052	744314	8201710	836	12,4	2,9	60,9	303,6	All
Caverna 053	744398	8201590	845	12,1	2,7	34,0	150,8	All
Caverna 059	741066	8204152	829	74,8	2,4	260,2	325,9	ADA
Caverna 071	742980	8203082	802	7,6	0,5	5,7	4	ADA
Caverna 072	742071	8200970	852	36,5	2	94,8	105,9	ADA
Caverna 090	743174	8200667	774	8,3	1,6	15,8	46,6	ADA
Caverna 099	743563	8199064	821	17,4	1,6	13,4	26,2	ADA
Caverna 110	743182	8199933	783	21,0	0,9	81,0	91,1	ADA
Caverna 112	741375	8204331	807	7,4	1,8	7,9	5,6	ADA
Caverna 117	741273	8204220	779	9,4	0,3	14,8	12,1	ADA
Caverna 121	741315	8204207	799	8,4	0,6	7,7	4,6	ADA
Caverna 124	741653	8204344	737	12,0	2,1	19,8	30,7	ADA
Caverna 126	741754	8204339	770	7,5	0,3	14,6	38,3	ADA
Caverna 130	741330	8204237	803	5,2	1,0	13,3	10,4	ADA
Caverna 134	743353	8201783	721	8,0	1,1	28,4	28,7	ADA

Continuação

Cavidade	Coordenadas UTM / Fuso 23K		Altitude (m)	Projeção Horizontal (m)	Desnível (m)	Área (m ²)	Volume (m ³)	Área de Influência
	UTM leste	UTM norte						
Caverna 135	743310	8201634	740	5,3	1,6	54,9	151,1	ADA
Caverna 144	742960	8202952	810	12,5	1,2	11,3	3,8	ADA
Cavidade 150	741613	8201225	814	15,4	0,5	31,5	80,4	ADA
Cavidade 151	741590	8201187	808	8,2	2,4	31,1	58,5	ADA
Cavidade 152	743558	8199155	842	28,8	2,2	20,2	60,7	ADA

QUADRO 3.3 - Caverna do Mocororô, estudada de forma a compor a amostra regional

Cavidade	Coordenadas UTM / Fuso 23K		Altitude (m)	Projeção Horizontal (m)	Desnível (m)	Área (m ²)	Volume (m ³)
	UTM leste	UTM norte					
Caverna do Mocororô	745721	8228605	930	96,5	7,1	539,3	1100,9

QUADRO 3.4 - Cálculos espeleométricos para as cavidades da amostra local e da amostra regional

Cálculos espeleométricos - amostra local	PH (m)	Desnível (m)	Área (m ²)	Volume (m ³)
Total	395,9	34,6	959,9	1694,2
Máximo	74,8	2,9	260,2	325,9
Mínimo	5,0	0,3	5,7	3,8
Média	15,8	1,3	38,3	67,7
Desvio padrão	15,9	0,8	53,2	86,0
Cálculos espeleométricos - amostra regional	PH (m)	Desnível (m)	Área (m ²)	Volume (m ³)
Total	492,4	41,7	1499,2	2795,1
Máximo	96,5	7,1	539,3	1100,9
Mínimo	5,0	0,3	5,7	3,8
Média	18,9	1,6	57,6	107,5
Desvio padrão	22,2	1,3	111,2	219,4

A projeção horizontal (soma dos condutos em planta baixa) das 25 cavernas estudadas atingiu a média de 15,838 metros, com valores mínimo e máximo de 5 metros (Caverna 50) e 74,88 metros (Caverna 059), respectivamente.

Analisando a distribuição das projeções horizontais (PH) da amostra local, a grande maioria delas (80%) apresenta-se menor que 20 metros (Figura 3.16), sendo consideradas cavernas pequenas. Apenas cinco cavidades (039, 059, 072, 110 e 152) apresentaram projeções horizontais maiores que 20 metros, sendo que apenas a cavidade 059 é maior que 50 metros, com 74,88 metros, distribuição que pode ser verificada na Figura 3.17. Quando se observa os cálculos realizados para a amostra regional, onde se inclui a Caverna do Mocarorô, observa-se que a média da projeção horizontal sobe para 18,942 metros.

FIGURA 3.16 - Distribuição das projeções horizontais, por classes de tamanho, das cavernas estudadas na amostra local

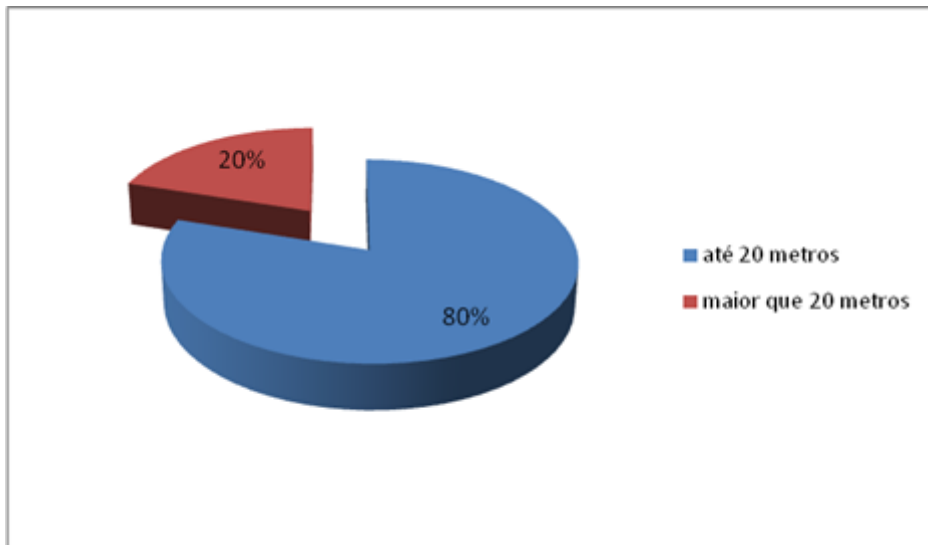
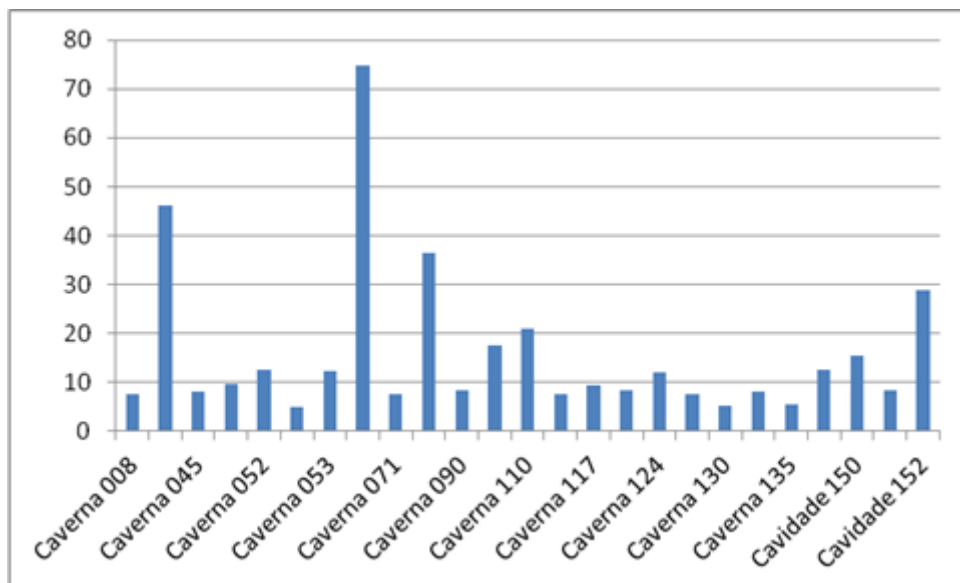


FIGURA 3.17 - Distribuição das projeções horizontais das cavernas estudadas para a amostra local



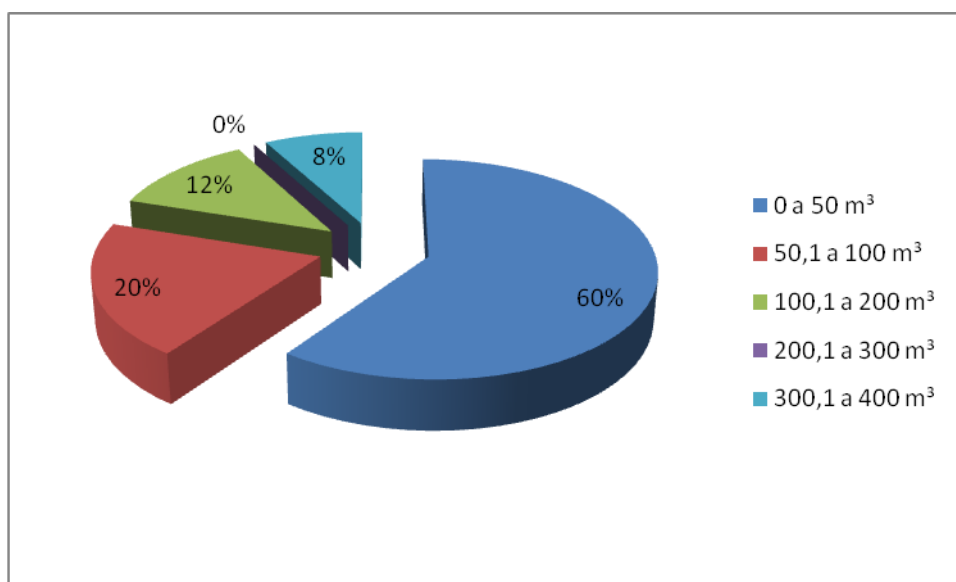
Nas 25 cavidades em estudo da amostra local, o desnível médio atingiu 1,384 metros, com valor máximo de 2,92 metros na Caverna 052 e valor mínimo de 0,30 metros nas cavernas 117 e 126. Tal fato corrobora com a morfologia dos pisos das cavidades, a qual se apresenta predominantemente aplainada. Quando avaliada a amostra regional, com a inserção da Caverna do Mocororô, percebe-se que a média pouco varia, aumentando para o valor de 1,606 metros.

A média de área da amostra local para as 25 cavidades é 38,4 m², com a maior área atingindo 260,24 m², na Caverna 059 (coincidindo com a maior projeção horizontal), e menor área de 5,75 m², na Caverna 071. Na amostra regional, a média da área das cavidades aumenta para 57,663 m² o que comprova a diferenciação da caverna Mocororô (539,34 m²) em termos de área, em comparação com as 25 cavidades.

O volume médio da amostra local atingiu 67,77 m³. O maior volume ocorre na caverna 059, coincidindo com a maior projeção horizontal e com a maior área, atingindo 325,9 m³. O menor volume foi registrado na caverna 071, com 4 m³. Conforme expressa a figura 3.18, 60% das cavidades da amostra local, ou seja, 15 cavidades apresentam volume abaixo de 50 m³. Cinco cavidades, ou o correspondente a 20%, apresentam volume entre 50,1 m³ e 100 m³. Ambos os dados mostram que 80% das cavidades na área de estudo apresentam volume inferior a 100 m³, o que expressa a predominância de cavidades de volume reduzido. O intervalo de 100,1 e 200 m³ abarca 12% das cavidades, o que representa três cavidades. Apenas duas cavidades apresentam volume acima de 300 m³ (cavernas 052 e 059).

Incluindo a Caverna do Mocororô, no contexto da amostra regional, a média do volume das cavidades aumenta consideravelmente, chegando a 107,506 m³, o que é resultante do grande volume dessa cavidade (1.100,9 m³).

FIGURA 3.18 - Volume das cavidades da amostra local



Ainda que as cavidades objeto do presente estudo de relevância estejam inseridas em metadiamicititos, a matriz da mesma apresenta-se ferruginosa, o que permite referenciar como material de comparação as publicações e estudos existentes sobre cavidades em minério de ferro, em especial aquelas do Quadrilátero Ferrífero. Para a área de estudo, tal concepção foi igualmente utilizada por Carmo *et al.* (2011a) quando da apresentação do sítio espeleológico em sistemas ferruginosos do vale do rio Peixe Bravo. Nesse sentido foi usado, apenas como base de comparação, não entrando, portanto, na amostra regional, um conjunto de 59 cavernas inseridas em formação ferrífera do Quadrilátero Ferrífero nas áreas do Parque Estadual da Serra do Rola Moça, Serra da Moeda, Capão Xavier, Serra do Gandarela e Serra do Curral (PILÓ & AULER, 2006 apud AMPLO, 2009) (Quadro 3.5). Essa análise comparativa foi feita para se conhecer o estado da arte das cavernas estudadas com relação a outros grupos amostrais. Essa amostra já foi adotada também para outros estudos espeleológicos e os dados constam no cadastro de cavidades do CECAV (2012).

QUADRO 3.5 - Dados espeleométricos de cavidades do Quadrilátero Ferrífero, usada para fins de comparação (PILÓ & AULER, 2006 apud AMPLO, 2009).

Caverna QF	PH	Desnível	Área	Volume
RM-03	33,5	1,4	134,3	200,2
RM-04	34,2	3,4	122,9	157,3
RM-08	61	3	195	377
RM-09	28	2,4	48	74
RM-10	12	1,6	22	28
RM-13	32	2,4	58	122
RM-15	30	1,2	45	71
RM-17	23	9	106	200
RM-18	28	1,2	47	45
RM-22	12	1	46	88
RM-26	25	7	47	80
RM-28	13	5	17	31
RM-31	40	2,2	55	60
RM-32	18	0,8	23	12
RM-33	68,3	2,4	220,8	351,1
RM-34	38	2,4	120	152
RM-38	56	2,4	104	146
RM-39	72	3,2	114	73
RM-40	25	2,9	45	34
RM-42	40	2,8	102	153
MS-01	18	3,4	40	90
MS-02	29	1	46	58
MS-04	33,8	8,4	103	124,6
MS-05	27	1,4	65	102

Continuação

Caverna QF	PH	Desnível	Área	Volume
MS-08	67,0	2,6	142,0	133,5
MS-09	37	1,8	84	80
MS-10	15	2,2	38	40
MS-13	47	6,4	118	156
MS-15	22	1,8	27	17
MS-18	13	1,4	32	28
MS-17	61	6,4	180	207
MS-19	109	10,4	389,3	463,2
MS-21	127	5,4	198	180
MS-24	47	1	32	30
MS-25	57,7	3,8	155,1	181,
MS-26/27	68	3	157	200
MS-29	22,6	5,2	88,2	125,2
MS-30	45	6	138	186
MS-31	35,2	7,5	190,9	228,8
MS-32	13	0,3	30	22
CX-03	23,5	2,5	60	57
CX-04	45	8,5	147	132
CX-05	16,4	4	22	21
CX-06	30	4,5	88	80
SG-02	48,8	1	136,7	202
SG-07	51,4	1,1	185	314,5
SG-10	44,8	2,5	169,1	253,6
SG-15	120	9	190	156
SG-16	68,4	5,8	157	219
SG-20	43,8	2,4	82	55
SG-32	30,7	9,6	86,6	84
SG-37	58,5	14	215	215
SG-43	53	8,4	170	127
SG-51	55,6	4,8	179	286,4
SC-01	25	3,2	52	87
SC-03	49	4	90	59
SC-05	42	1,2	74	68
SC-09	42	3,4	100	140
SC-10	11	0,8	24	29
Média	41,3	3,8	104,2	130,3

Abreviações: RM (Parque Estadual da Serra do Rola Moça); MS (Moeda Sul); CX (Capão Xavier); SG (Serra do Gandarela) e SC (Serra do Curral).

Diante da comparação dos dados de espeleometria da amostra de cavidades do Quadrilátero Ferrífero e das 25 cavidades estudadas no complexo minerário (quadro 3.6) para compor a amostra local, percebe-se que os dados são bastante discrepantes, sendo as médias bastante reduzidas para as cavidades da área de estudo.

QUADRO 3.6 - Comparação entre os dados espeleométricos de amostra de cavidades do Quadrilátero Ferrífero e das 25 cavidades estudadas na amostra local da área do complexo minerário da Sul Americana de Metais.

Comparativo de dados espeleométricos	PH (m)	Desnível (m)	Área (m ²)	Volume (m ³)
Média das 25 cavernas da amostra local	15,8	1,3	38,3	67,7
Média das cavernas da amostra do Quadrilátero Ferrífero	41,3	3,8	104,2	130,3

Literatura pertinente às cavernas de minério de ferro (OLIVEIRA, 2011) afirma que a média de projeção horizontal para as cavernas do Quadrilátero Ferrífero é de 24 metros e da Serra Sul, que integra a Serra dos Carajás, 28 metros. Assim como verificado para a comparação realizada acima, destaca-se que ambos os dados também se mostram superiores às médias espeleométricas dos metadiamicritos da Formação Nova Aurora.

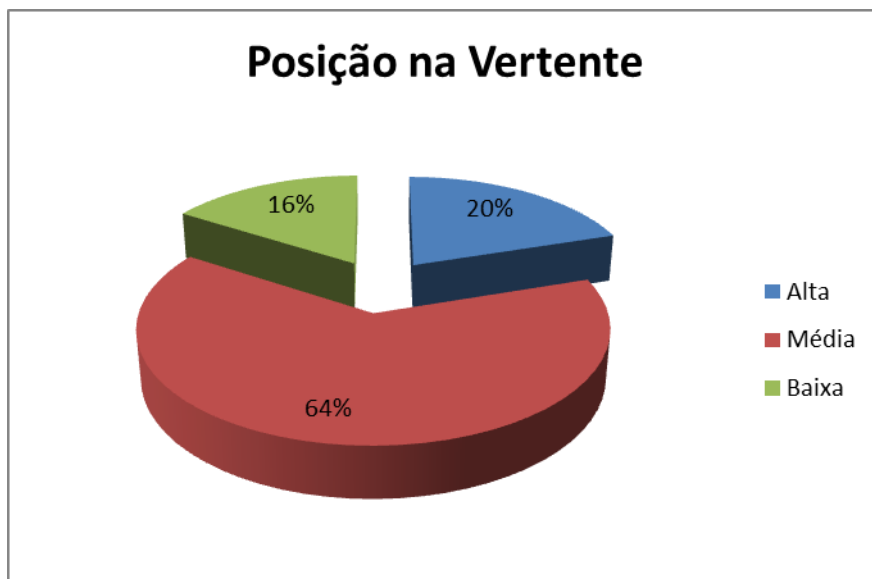
Cabe ressaltar ainda a ocorrência, no Quadrilátero Ferrífero, de duas cavernas com elevada projeção horizontal: (i) Gruta da Piedade, com 365 metros e localizada na Serra da Piedade (PEREIRA, 2012 e CECAV, 2012); e (ii) AP-38, com 345 metros, situada no Sinclinal do Gandarela (OLIVEIRA, 2011). Na Serra Sul, em Carajás, a maior cavidade conhecida em minério de ferro tem 1.546 metros de projeção horizontal (OLIVEIRA, 2011).

Por outro lado, CARMO *et al.* (2011a) ressaltaram que as três cavidades estudadas no vale do rio Peixe Bravo, a norte do complexo minerário da Sul Americana de Metais, apresentam dimensões superiores a cavernas de outras regiões ferruginosas, onde se têm relatado volumes pequenos associados a condutos estreitos e salões reduzidos.

3.1.5.2 - Inserção das cavernas na paisagem

Quanto à inserção hipsométrica das 25 cavernas que compõem a amostra local, constatou-se que a maior parte correspondido a 64% da amostra, ou 16 cavernas, está posicionada em média vertente, entre as cotas de 770 a 830 metros. Em segundo lugar estão aquelas posicionadas em alta vertente (20%), com cotas maiores que 830 metros. Em menor parcela, representando 16% da amostra, estão as cavernas localizadas na baixa vertente, com cotas entre 700 a 770 metros. A Figura 3.19 mostra o percentual da distribuição das cavernas de acordo com sua posição na vertente.

FIGURA 3.19 - Distribuição das cavernas de acordo com sua posição na vertente



A localização das 25 cavidades em relação à unidade de relevo local das cavernas também foi analisada. Foram identificadas quatro unidades de relevo locais: borda de ruptura, correspondentes a locais referentes à ruptura do relevo; sopé de escarpa, que diz respeito à base de uma escarpa ou vertente íngreme com afloramento de rocha; margem de drenagem, que faz referência às cavernas localizadas diretamente nas margens de alguma das drenagens da área também com afloramento de rocha; e cabeceira de drenagem que representam cavernas desenvolvidas em surgências de drenagens. Destaca-se aqui a total ausência de cavidades em zonas de platô. A figura 3.20 esboça um perfil esquemático da inserção das cavidades na paisagem. Na figura 3.21 é possível ver a distribuição das cavernas com relação às unidades de relevo onde estão inseridas.

FIGURA 3.20 - Perfil esquemático da inserção das cavidades na paisagem

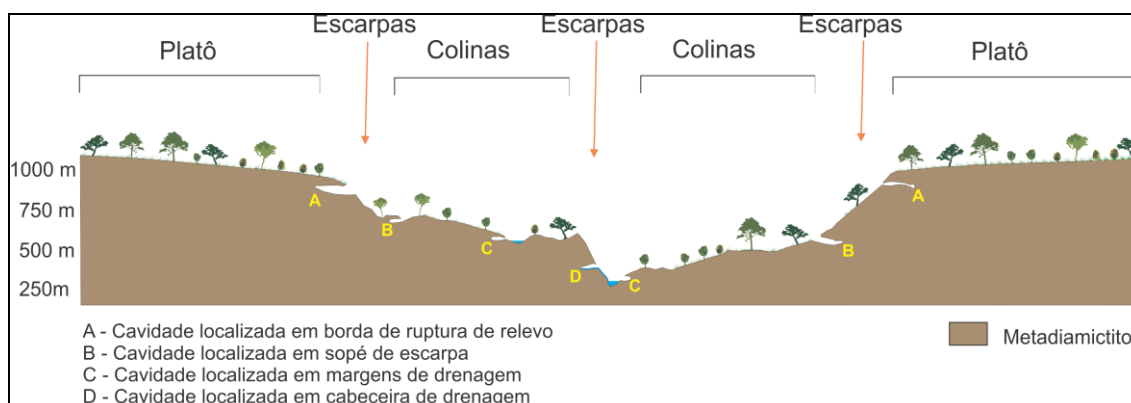
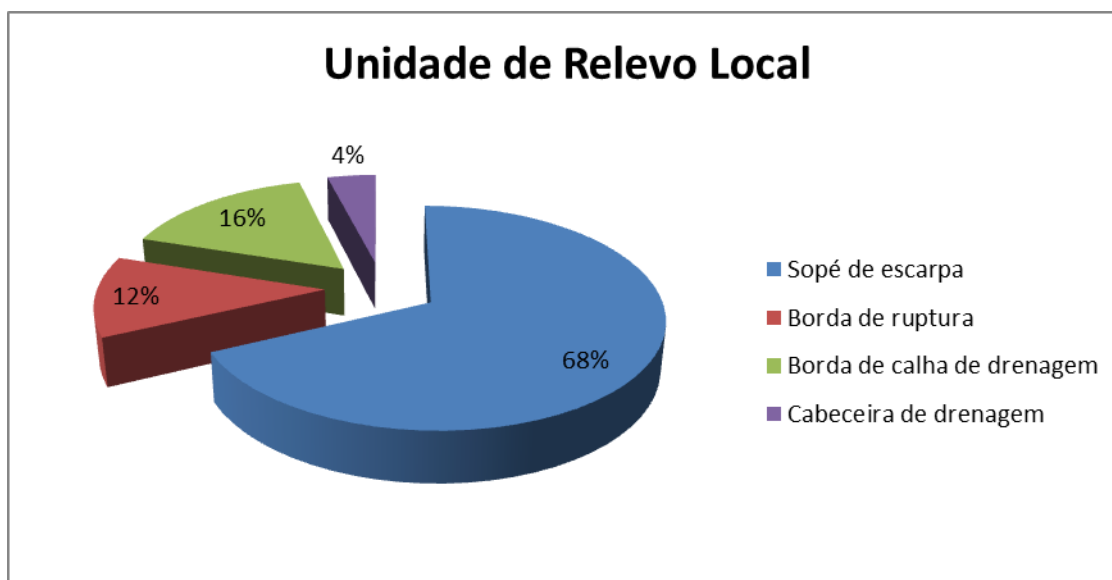


FIGURA 3.21 - Distribuição das cavernas em relação à unidade de relevo local



Das 25 cavidades estudadas 68%, ou o correspondente a 17 cavernas da amostra, se situam no sopé de escarpa, como é o caso, por exemplo, da Caverna 039 (Foto 3.63), que está na base de uma escarpa, em um paredão que atinge 20 metros de altura.



Foto 3.63 - Caverna 039, localizada no sopé de uma escarpa

Em segundo lugar, com quatro cavernas (16%), estão aquelas localizadas em alguma das margens de drenagem, como é o caso da Caverna 135, que está localizada na margem esquerda do leito do córrego Lamarão (Foto 3.64).



Foto 3.64 - Caverna 135, localizada na margem esquerda do leito do córrego Lamarão

Em menor ocorrência estão as cavidades que se localizam em borda de ruptura, representando 12% da amostra, ou três cavernas, como é o exemplo da Caverna 050 (Foto 3.65), localizada na ruptura de relevo. Apenas a caverna 144 (4%) se insere no contexto da última unidade: cabeceira de drenagem.

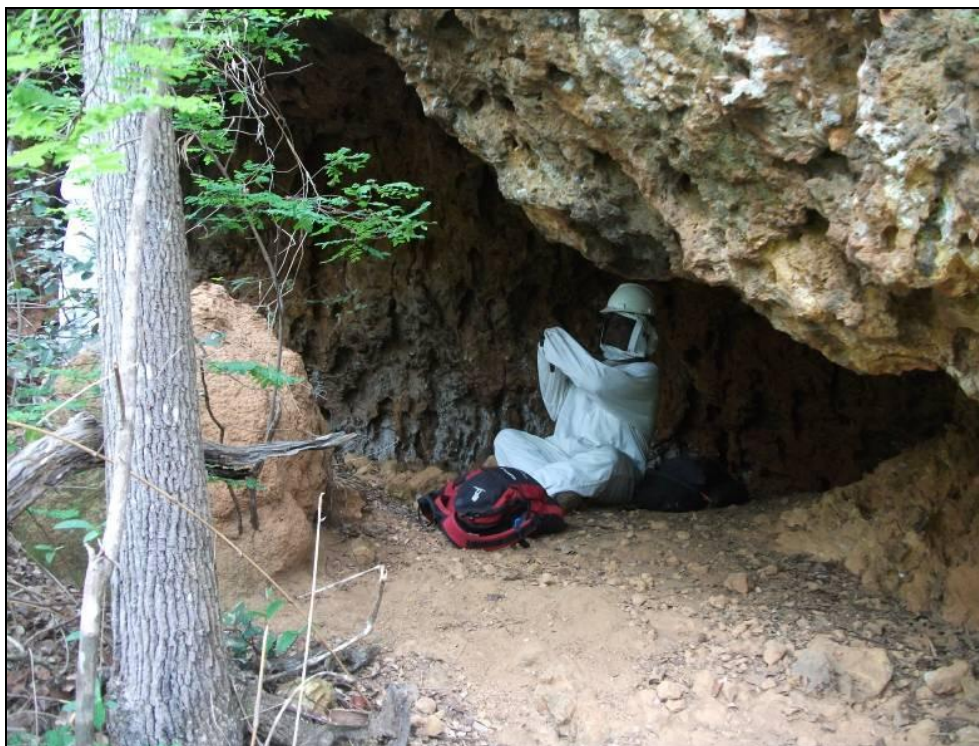


Foto 3.65 - Caverna 050, localizada em borda de ruptura

No contexto da inserção das cavidades na paisagem é interessante destacar o exposto por CARMO *et al.* (2011a) ao estudar cavidades no vale do rio Peixe Bravo. Os autores também ressaltaram que a maioria das cavidades identificadas se situa na base das escarpas. Tal constatação ressalta uma característica bastante peculiar das cavernas desenvolvidas em metadiamicritos identificadas na região de estudo, quando comparadas com as demais cavidades em minério de ferro das unidades de Carajás e Quadrilátero Ferrífero, as quais se desenvolvem predominantemente em áreas de topo e em bordas de platô.

3.1.5.3 - Aspectos litológicos e estruturais

A análise espeleológica nas 25 cavidades que compõe a amostra local da área de estudo do Projeto Vale do Rio Pardo constatou que as cavidades se localizam nas porções norte, leste e sul do corpo mineralizado, associadas a três litotipos diferentes: metadiamicrito hematítico, metadiamicrito estéril e metadiamicrito hematítico limonitizado.

O Metadiamiccito Hematítico apresenta coloração cinza a avermelhada (devido ao alto teor de Fe), foliação visível e níveis milimétricos a centimétricos mais ricos em hematita (foto 3.66). O Metadiamiccito Estéril apresenta coloração bege, devido ao menor teor de Fe, e acamamento visível (foto 3.67). O Metadiamiccito Hematítico Limonitizado apresenta coloração amarelada (devido à presença de limonita) e aspecto maciço (foto 3.68). Cabe ressaltar, entretanto, que a distribuição das cavernas não é homogênea: a maioria das cavidades está associada ao Metadiamiccito Hematítico (64% ou 16 cavernas), seguida pelas associadas ao Metadiamiccito Estéril (24% ou 6 cavernas) e finalmente pelo Metadiamiccito Hematítico Limonitizado (12% ou 3 cavernas) (Figura 3.22).

O Anexo 04 apresenta a localização das cavidades no mapa geológico local. Cabe ressaltar que em função da escala de mapeamento geológico ser diferente da do levantamento espeleológico a descrição dos litotipos de algumas cavidades não coincide exatamente com a unidade geológica do mapa.

FIGURA 3.22 - Distribuição das cavidades em relação às litologias sob as quais estão inseridas

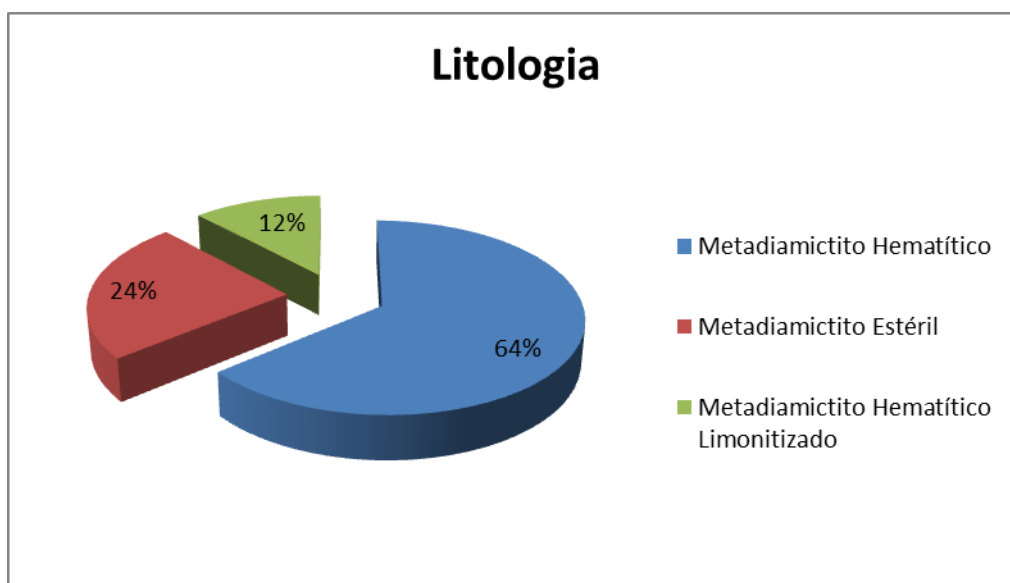




Foto 3.66 - Aspecto do metadiamicrito hematítico, na Caverna 112



Foto 3.67 - Aspecto do metadiamicrito estéril, na caverna 053.

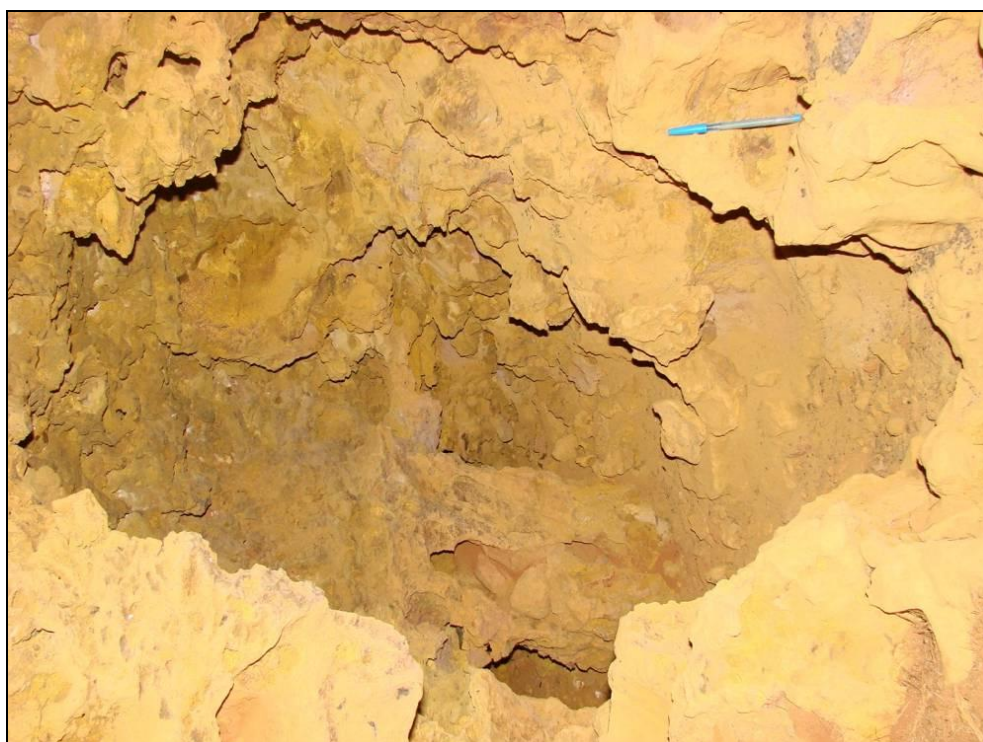
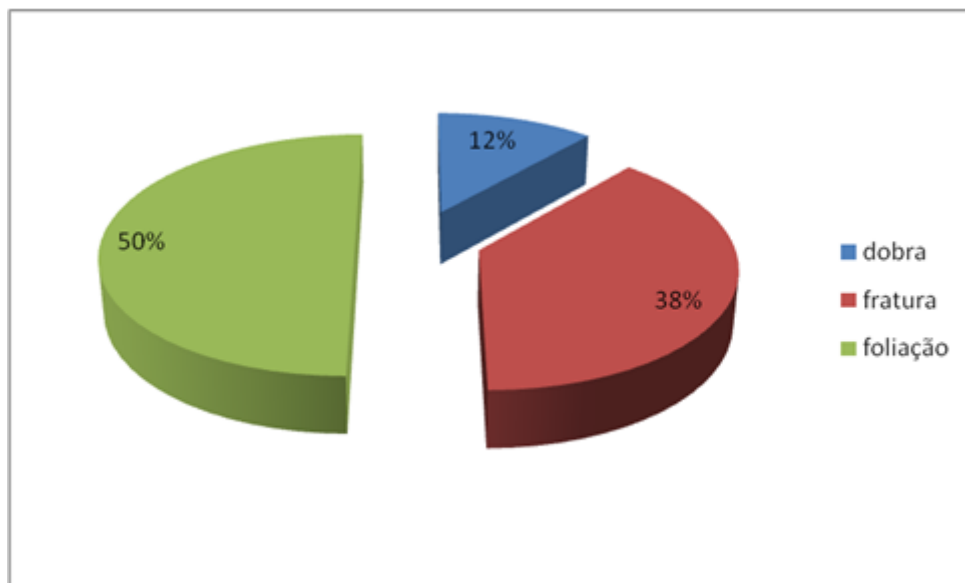


Foto 3.68 - Aspecto do metadiamicrito hematítico limonitizado, na Caverna 090

Após a observação da distribuição e morfologia das cavidades e análise estrutural da região, observou-se que aquelas localizadas a norte estão posicionadas na escarpa gerada pelo "encaixe" do córrego Mundo Novo, em uma zona de falhas alinhadas segundo a direção E-W. As demais cavidades se localizam nas escarpas geradas pela incisão do córrego Lamarão na porção leste do corpo mineralizado, apresentando direção N-S, enquanto na porção sul as direções predominantes são NW-SE e NE-SW (Módulo 6 deste EIA).

Regionalmente, os planos principais de falhas e fraturas mapeados na região apresentam mergulhos fortes (70 a 90°) (Foto 3.69), o que conduz à hipótese de um possível controle estrutural tanto para a formação das cavidades, quanto para o desenvolvimento dos condutos. Associado a isso, o levantamento da atitude das estruturas presentes nas cavidades indica que quatro famílias principais de fraturas, com direções N25-40E, N65-80W, N75-85E e N25-40W controlariam a direção dos condutos. E a análise das estruturas presentes nos condutos e da morfologia do teto mostrou que estes variam de acordo com a estrutura associada: o teto plano é controlado pela foliação; a morfologia triangular é resultado da interseção entre a foliação e os planos de fratura; e o formato abaulado está relacionado à presença de dobras, relacionadas à fase de dobramento S2 que afeta o corpo de minério, de maneira geral de maneira incipiente, porém localmente mais proeminentemente.

FIGURA 3.23 - Ocorrência das estruturas mais comuns nas cavernas da região



Para verificar a possibilidade de controle estrutural no desenvolvimento das cavidades, foram levantados os azimutes dos condutos (Figura 3.24), posteriormente correlacionando-os aos azimutes dos planos de falhas e fraturas medidos na área e avaliados por meio de diagramas de rosetas (Figura 3.25). Concluiu-se então que tanto o desenvolvimento dos condutos, como a morfologia em planta das cavidades, apresenta controle estrutural nítido. A foto 3.69 ilustra falhas identificadas em condutos e afloramentos onde se encaixam as cavidades.

FIGURA 3.24 - Diagrama de rosetas dos azimutes dos condutos das cavidades presentes nas bordas do corpo mineralizado. As setas vermelhas indicam as direções preferenciais.

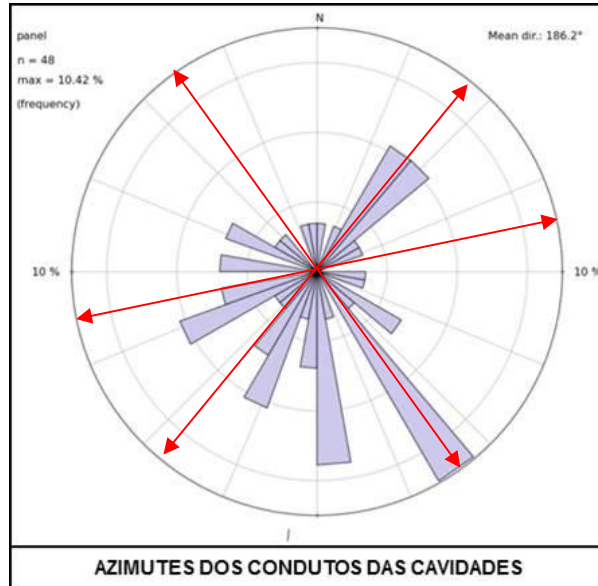
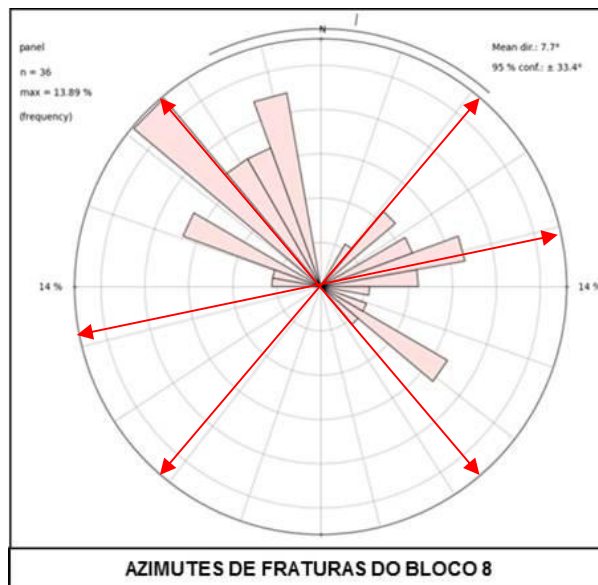


FIGURA 3.25 - Diagrama de rosetas dos planos das fraturas e falhas do complexo minerário. As setas vermelhas indicam as direções preferenciais.



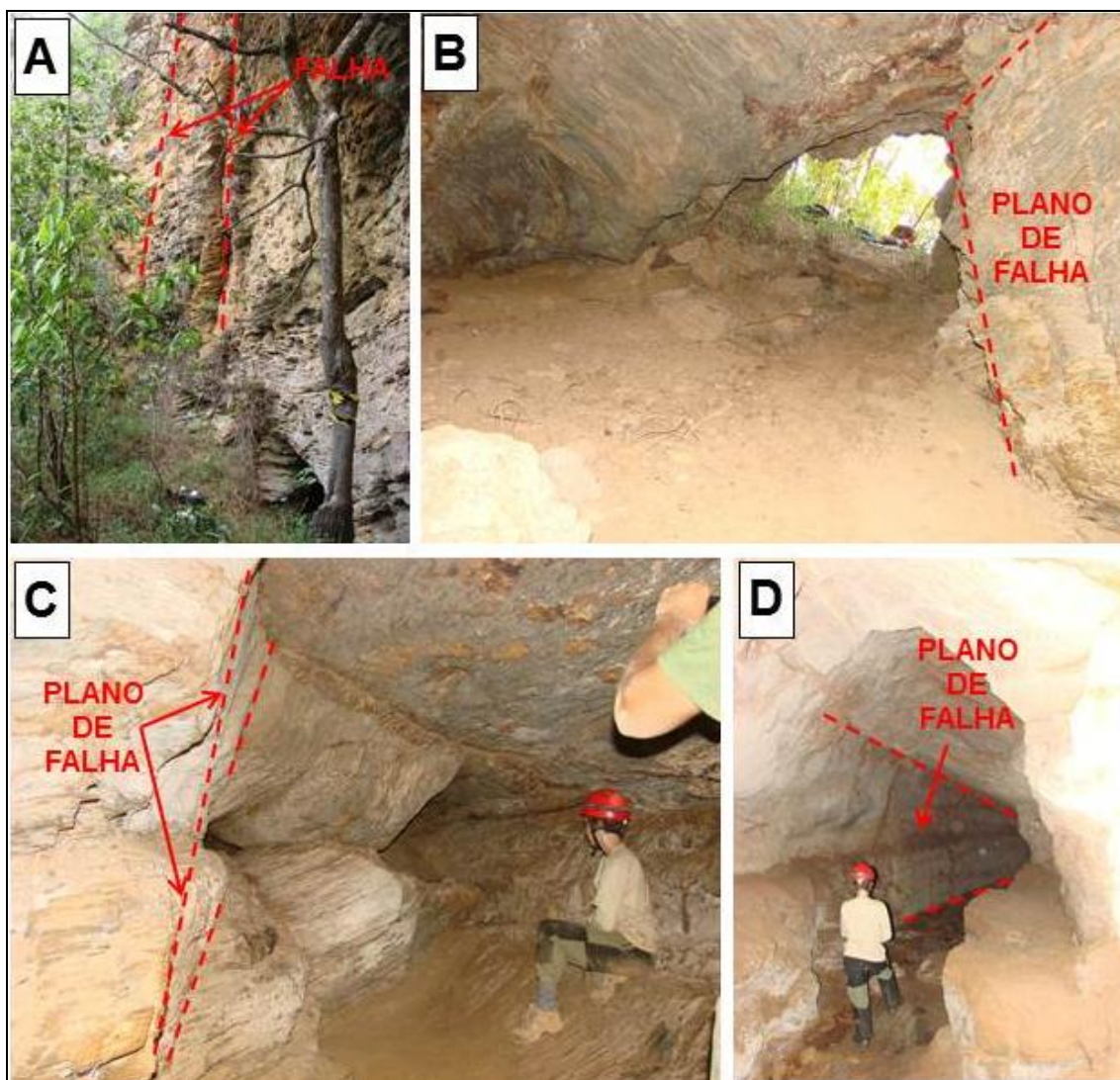


Foto 3.69 - Falhas presentes nas cavidades

3.1.5.4 - Morfologia e Feições

3.1.5.4.1 - Morfologia

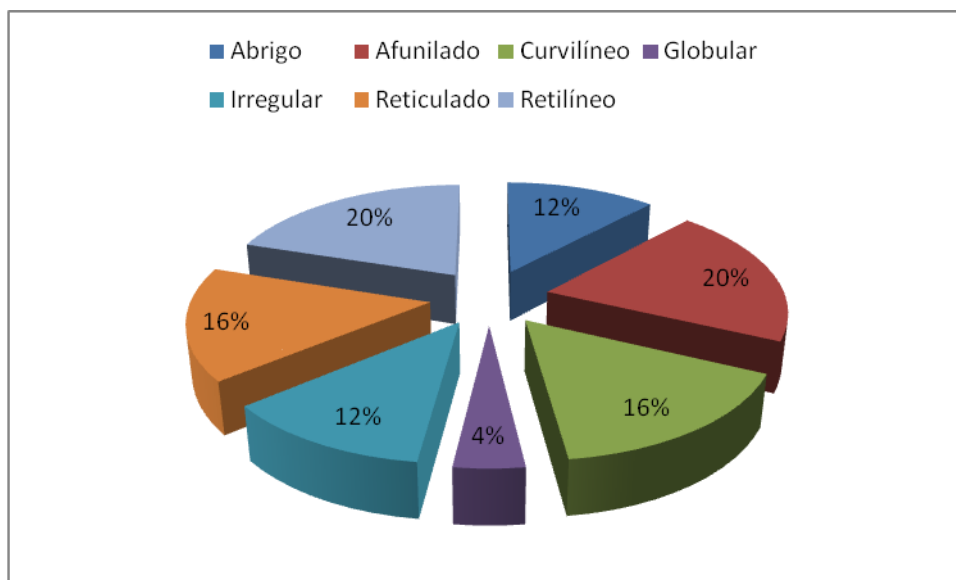
Conforme exposto no item referente à metodologia para definição de padrões morfológicos das cavidades identificadas no complexo minerário, foram realizadas extrapolações dos padrões em planta, conforme definições da literatura. O Quadro 3.7 a seguir apresenta a classificação das cavidades estudadas quanto aos padrões morfológicos em planta definidos para a área de estudo e a Figura 3.26, na sequência, expõe a distribuição desses padrões.

As cavidades estudadas apresentam padrão morfológico em planta bem distribuído. As duas morfologias mais recorrentes referem-se aos padrões Afunilado e Retilíneo, com cinco cavidades cada, seguido dos padrões Curvilíneo e Reticulado, em segundo lugar, com quatro cavernas cada. Os padrões Irregular e Abrigo abarcaram três cavernas cada e o padrão Globular apenas uma cavidade.

QUADRO 3.7 - Classificação das 25 cavidades estudadas quanto aos padrões morfológicos, em planta, definidos para a área de estudo

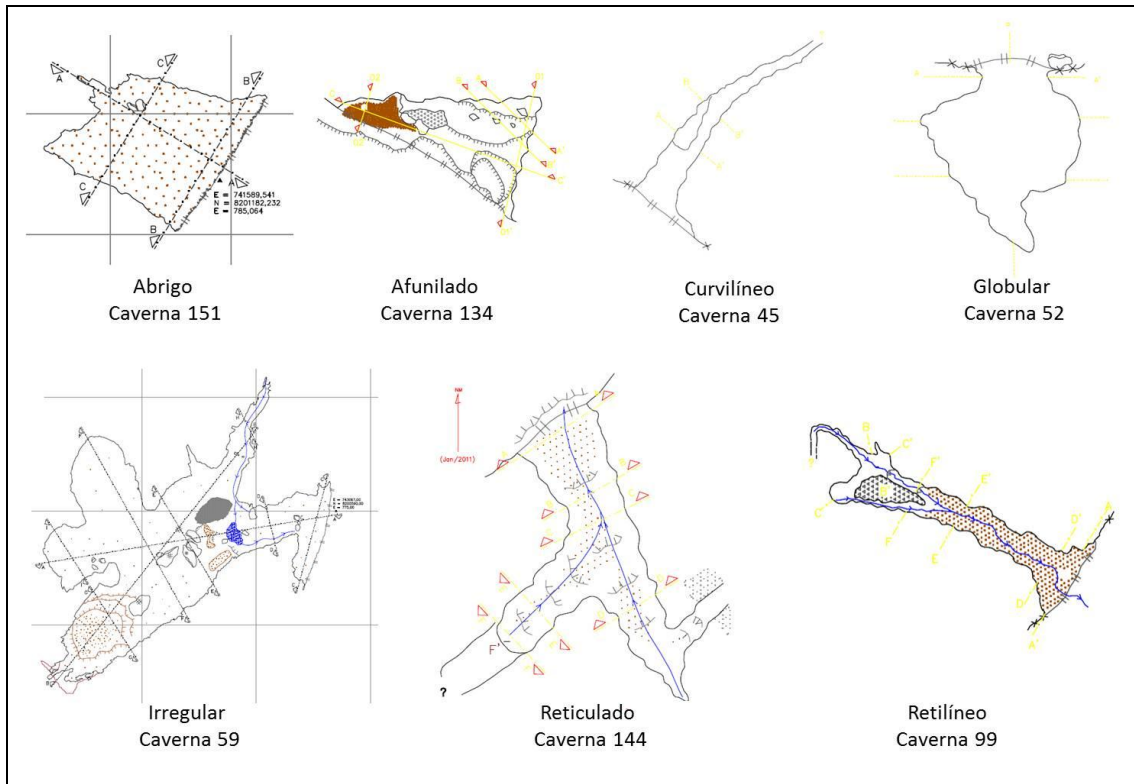
MORFOLOGIA	CAVIDADES				
Abrigo	126	135	151		
Afunilado	8	50	72	130	134
Curvilíneo	45	71	110	150	
Globular	52				
Irregular	39	59	117		
Reticulado	46	112	144	152	
Retilíneo	53	90	99	121	124

FIGURA 3.26 - Distribuição dos padrões morfológicos em planta definidos para as 25 cavidades estudadas



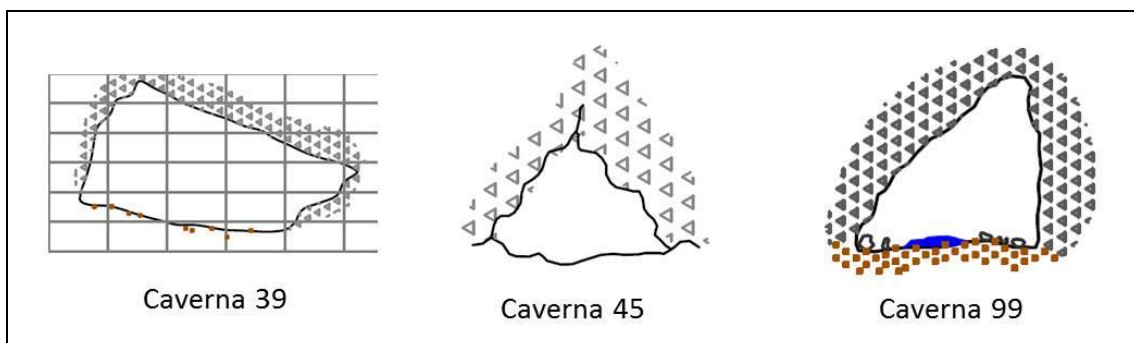
As duas maiores cavidades da amostra local (cavernas 39 e 59) e a Caverna do Mocarorô, com 96,55 metros de projeção horizontal, apresentam morfologia em planta do tipo irregular. Por outro lado, as duas menores cavidades da amostra local (cavernas 50 e 130) apresentaram morfologia do tipo afunilado. Cabe ressaltar ainda que os padrões morfológicos em planta do tipo Retilíneo, Reticulado e Curvilíneo, muito frequentes nas cavidades da amostra local, apresentam íntima relação com estruturas geológicas, o que corrobora com o condicionamento estrutural apontado pelo item 3.1.5.3 - Aspectos litológicos e estruturais. A figura 3.27 a seguir apresenta exemplos das morfologias em planta definidas para as cavernas da área de estudo.

FIGURA 3.27 - Exemplos das morfologias em planta definidas para as cavernas da área de estudo.



Quanto às seções e perfis das cavidades, em algumas cavernas é observado um padrão triangular, refletindo também o condicionamento da caverna por estruturas (foliação e fraturas verticais e subverticais). Esse padrão foi observado nas cavernas 39, 45, 71, 99 e 124 (Figura 3.28).

FIGURA 3.28 - Exemplo de seção triangular nas cavernas 039, 045 e 99, respectivamente



As fraturas constituem-se zonas de fraqueza e tendem a controlar a direção do desenvolvimento de condutos. Esse fato é visível também na maioria das cavernas desenvolvidas em formação ferrífera, sendo que também no caso das cavidades em metadiamicititos isso se mostra mais evidente, como é o caso das cavernas 39, 45, 46, 53, 59, 71, 99, 110, 124 e 144.

3.1.5.4.2 - Feições

O piso das cavernas da área estudada, em sua maioria, se apresenta plano ou relativamente plano (52% ou 13 cavernas da amostra local). Em igual proporção, 20% ou cinco cavernas da amostra, foram observados exemplos de pisos que se encontraram concordantes com relação à vertente exterior e de pisos irregulares os quais não apresentam um padrão classificável quanto à tendência da inclinação. Em duas cavidades que correspondente a 8% da amostra, o piso apresentou-se discordante da vertente exterior, ou seja, com inclinação negativa tendendo para o interior do maciço. A distribuição em relação ao piso das cavidades pode ser verificada na Figura 3.29. A Figura 3.30 expõe o perfil de duas cavidades as quais apresentam piso aplainado, tendência predominante na amostra.

Cavernas ferruginosas do Quadrilátero Ferrífero normalmente apresentam piso concordante com a vertente exterior, o que indica uma evolução influenciada pela atuação da erosão fluvial, que atua na retirada de material da cavidade a favor do gradiente hidráulico. A ocorrência de piso plano ou relativamente plano nas cavidades identificadas não permite que seja definido uma correlação direta entre o desenvolvimento das cavidades em estudo em função da erosão mecânica de material. Inferesse, dessa forma, que o piso plano das cavidades encontra-se relacionado com o acamamento geral subhorizontalizado dos metadiamicititos da área.

FIGURA 3.29 - Distribuição em relação ao piso das cavidades

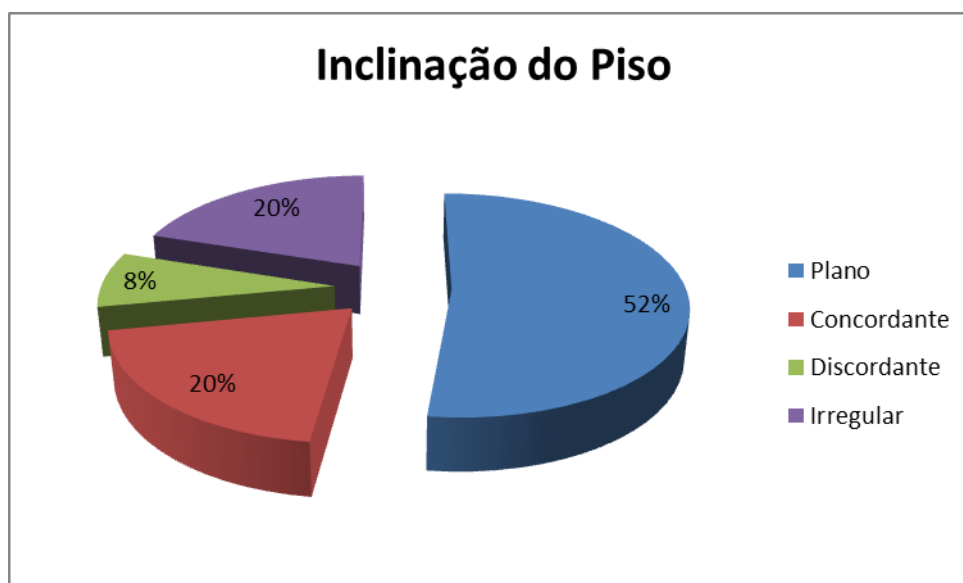
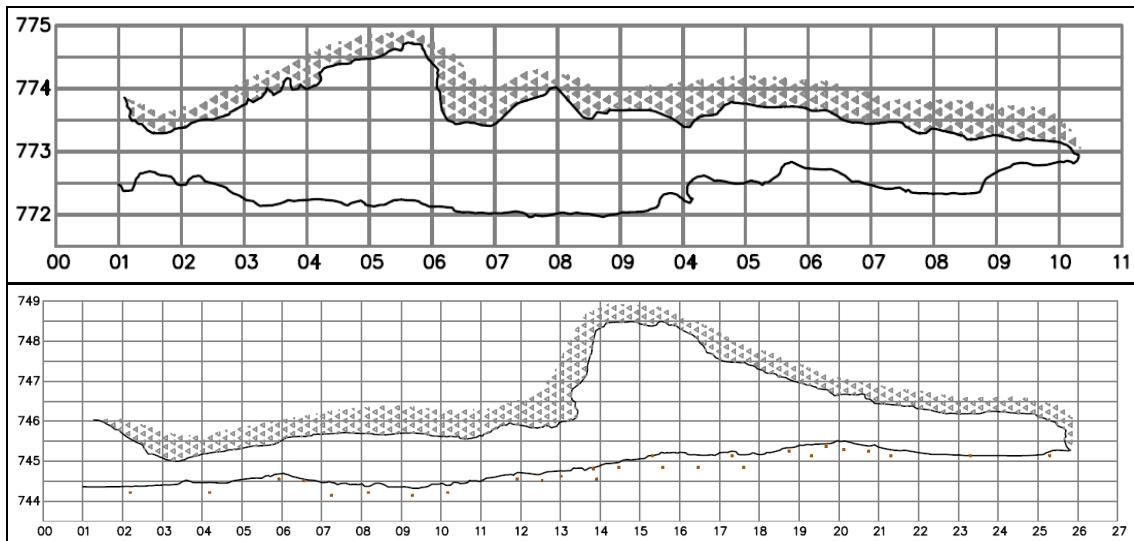
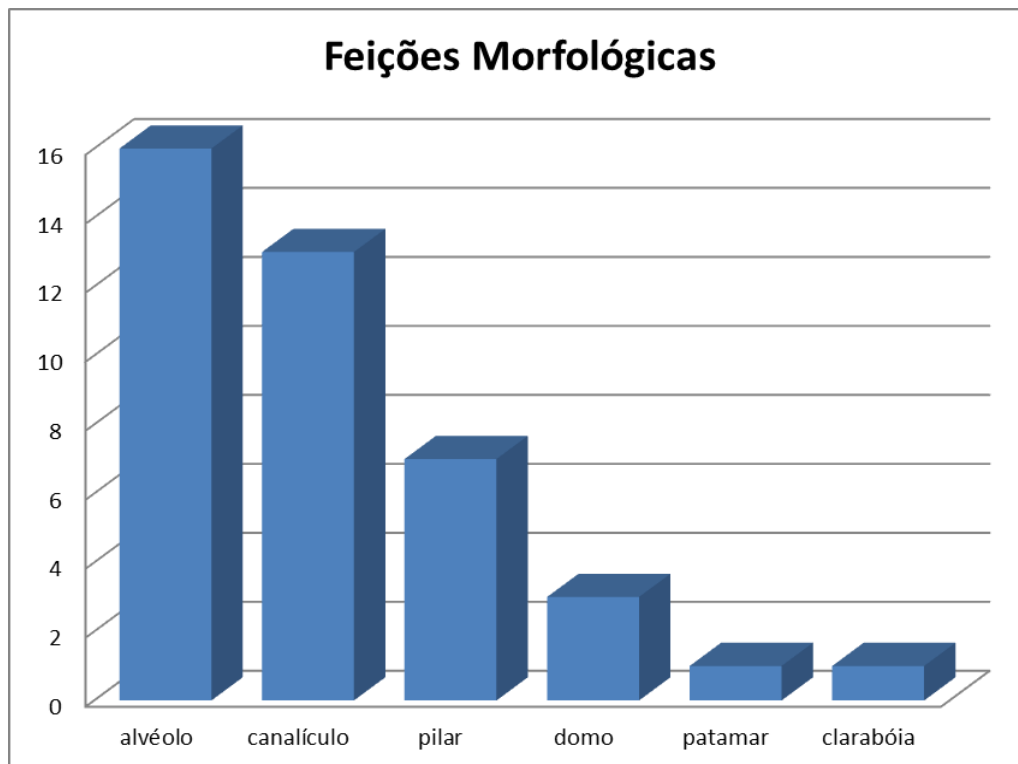


FIGURA 3.30 - Exemplo de piso aplainado identificado nas Cavernas 110 e 059 respectivamente



A análise das feições morfológicas do interior das cavernas mostra que algumas feições se fazem presentes e, por vezes, são recorrentes. A ocorrência das feições morfológicas nas cavernas estudadas pode ser visualizada na Figura 3.31.

FIGURA 3.31 - Ocorrência das feições morfológicas nas cavernas estudadas



A feição morfológica mais observada no interior das cavernas foi o alvéolo, que correspondeu a 64% da amostra local, ou 16 cavernas. Tal feição pode indicar dissolução diferencial, apresentando-se como zona de menor densidade ou de maior fraqueza da rocha. Os alvéolos ocorrem geralmente nas paredes e são formados preferencialmente ao longo da foliação, muitas vezes resultantes da extração mecânica ou química dos clastos dos metadiamicritos, restando expostos somente a matriz dessas rochas (Fotos 3.70 e 3.71).



Foto 3.70 - Alvéolos nas paredes da Caverna 53



Foto 3.71 - Alvéolos nas paredes da Caverna 59, mostrando também diversos clastos dos metadiamiccitos preservados

Canalículos apresentam-se muito frequentes nas cavernas da área de estudo, ocorrendo em 13 cavernas, ou 52% da amostra (Figura 3.32). Geralmente associado ao nível do piso, mas também ocorrendo nas paredes e tetos, os canalículos são principalmente de pequeno diâmetro. Apresentam-se como feições de dissolução que demonstram a ocorrência de processos de dissolução com fluxo concentrado no interior do maciço. Tais feições tendem a afetar a morfologia das cavernas, uma vez que podem evoluir para condutos. Alguns canalículos funcionam como injetores de sedimentos para o interior da caverna (*output*), formando cones de sedimentos (Foto 3.72). Contudo, a grande maioria das cavidades apresentam canalículos *input*, que injetam sedimentos para fora da mesma. Igualmente, canalículos são feições extremamente frequentes nas cavernas ferríferas do Quadrilátero Ferrífero e de Carajás, tendo sido observados tanto em cavernas de canga quanto em cavernas associadas às Formações Ferríferas Bandadas (BIFs) (AMPLO, 2009).

FIGURA 3.32 - Exemplo de canalículos nas porções distais da caverna 112

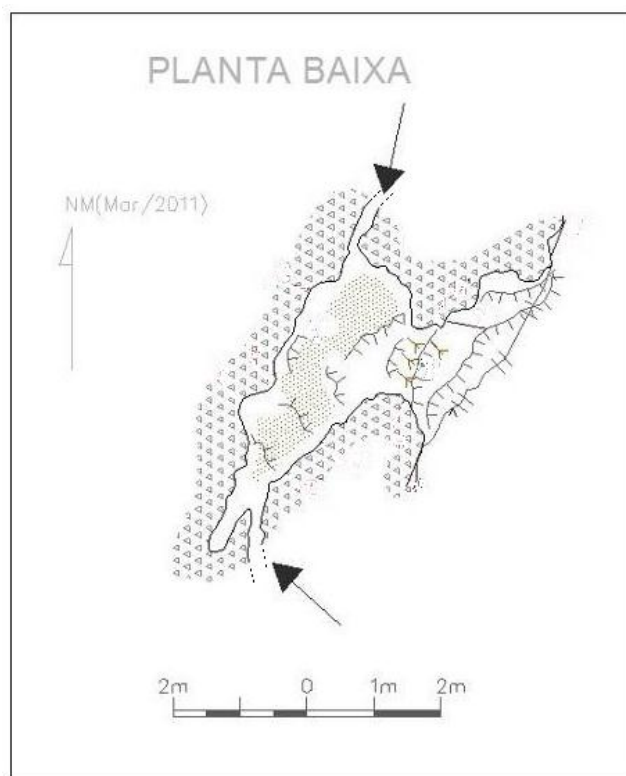


Foto 3.72 - Canalículo *output*, injetando sedimento para o interior da caverna, com formação de cone de sedimento, na Caverna 099

Os pilares (Foto 3.73 e Figura 3.33) representam elementos verticalizados remanescentes do maciço rochoso, os quais estruturam passagens laterais nos condutos ou salões. São extremamente frequentes em cavernas ferríferas do Quadrilátero Ferrífero e de Carajás (AMPLO, 2009). Contrapondo essa informação, ressalta-se que nas cavidades estudadas os pilares foram observados em somente 28% da amostra, ou em sete cavernas. Na caverna 59 foi observada uma sessão com alguns micropilares na parede, morfologia esta que não é muito recorrente (Foto 3.74). Tal elemento provavelmente surge da evolução de alvéolos, que o individualizam.



Foto 3.73 - Exemplo de pilar na Caverna 072

FIGURA 3.33 - Exemplo de pilar na Caverna 072, segregando a cavidade.

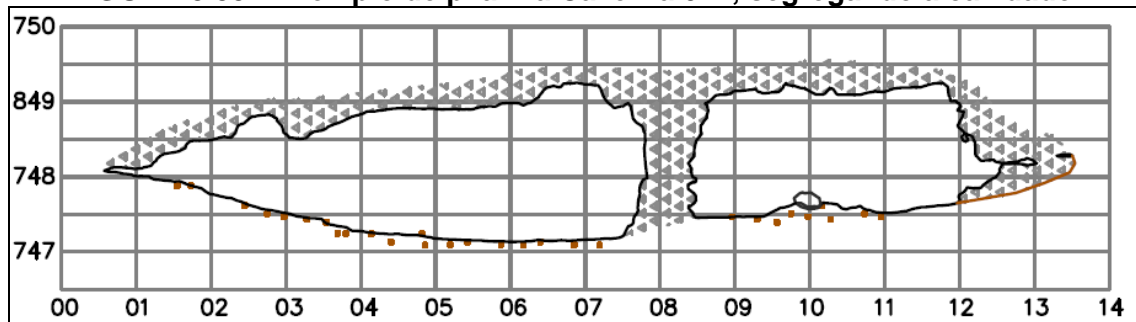




Foto 3.74 - Micropilares na parede da Caverna 59

3.1.5.5 - Hidrologia

Dezesseis cavernas, ou o correspondente a 64% da amostra, estavam secas durante a visita e não apresentam sinais que possibilitem a interpretação de marcas hidrológicas. Em cinco cavernas (20%) foram identificados escoamentos temporários e em outras quatro cavernas (16%) escoamentos perenes (Foto 3.75), mesmo que com pequeno fluxo. A distribuição dos processos hidrológicos observados pode ser verificada na Figura 3.34. Condensação foi observada em apenas uma caverna e poça d'água foi identificada em três cavidades.

Todas as cavernas onde foi identificada drenagem perene (059, 099, 124 e 152) se situam no sopé da escarpa e drenam de canalículos inseridos no contato do piso com a parede ou inseridos na parede das cavidades, o que indica a presença de fluxo concentrado de água no maciço. Três das cinco cavernas onde foi identificada drenagem temporária igualmente se inserem nesse contexto (039, 045 e 046). Tal observação pode indicar a presença de um nível freático coincidente cujo afloramento seja condicionado pela evolução da vertente escarpada. As cavernas 117 e 144, as quais apresentam drenagens intermitentes, se situam em outros contextos: em borda de calha de drenagem e em cabeceira de drenagem, respectivamente.

FIGURA 3.34 - Distribuição dos processos hidrológicos observados

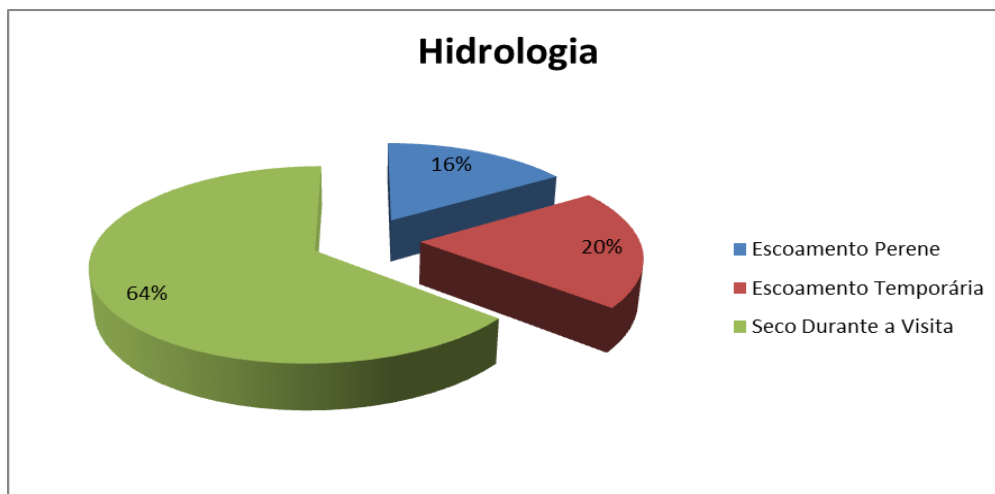


Foto 3.75 - Drenagem perene na Caverna 059

APOLO (2009) afirma que a grande maioria das cavernas em formação ferrífera da região do Quadrilátero Ferrífero não apresenta drenagem interna perene, no entanto destaca que aquelas cavidades situadas na borda de platôs de canga podem comportar surgências temporárias, em geral de pequeno porte. Corroborando com essa exposição, PEREIRA (2012) não identifica drenagens perenes nas 52 cavernas estudadas na Serra da Piedade, apenas drenagens intermitentes em algumas cavidades.

3.1.5.6 - Depósitos clásticos e orgânicos

Depósitos clásticos representam fragmentos minerais sedimentados ao longo de cavidades. Quanto à origem, os sedimentos clásticos são definidos como: (i) autogênicos, quando são materiais gerados dentro da própria caverna, a partir do substrato encaixante; (ii) alogênicos, quando representam sedimentos provenientes do meio externo, transportados para as cavidades por agentes como água, vento ou gravidade; e (iii) mistos, quando o depósito apresenta sedimentos autogênicos e alogênicos associados.

Os depósitos clásticos encontrados na área de estudo são predominantemente autogênicos. Foram identificados blocos abatidos constituídos por seixos identificados em 12 cavidades, calhaus em 15 cavidades, matacões em sete cavidades, cone de sedimentos em duas cavidades, sedimentos terrígenos de granulometria areia e argila identificados em 25 cavidades e material lamoso onde se verificam materiais siltsos e argilosos com caráter pegajoso, em três cavidades (Figura 3.35).

Os clastos, colmatados dos tetos e paredes das cavernas por processo de desmoronamento, abatimento, colapso ou incasão foram observados em quase metade das cavernas, ocorrendo de forma concentrada (Foto 3.76) ou esparsa nos salões e condutos. É recorrente a existência de blocos abatidos associados às entradas.

Sedimentos terrígenos ou lamosos estão associados a um substrato parcialmente alterado ou alterado e foram observados em todas as cavernas. O sedimento lamoso está associado não somente ao tamanho de seu grão, mas também ao seu encharcamento e aspecto pegajoso, e foi observado em somente três cavidades (059, 099 e 124). O acúmulo de sedimentos terrígenos podem formar cones de sedimentos, como é observado na Caverna 59 (Foto 3.77).

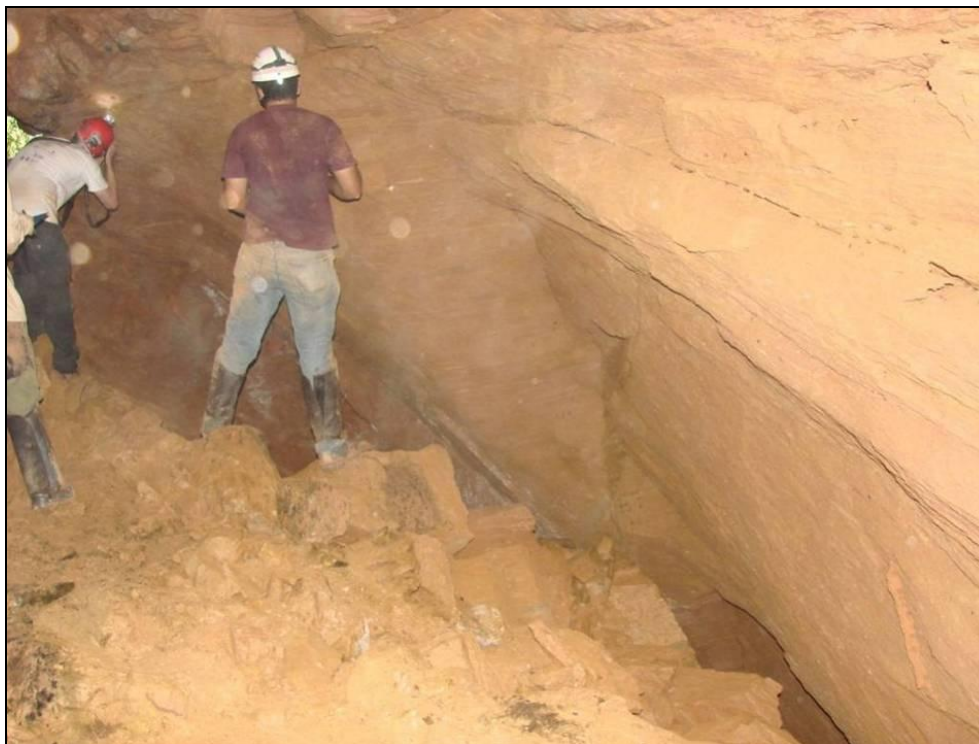


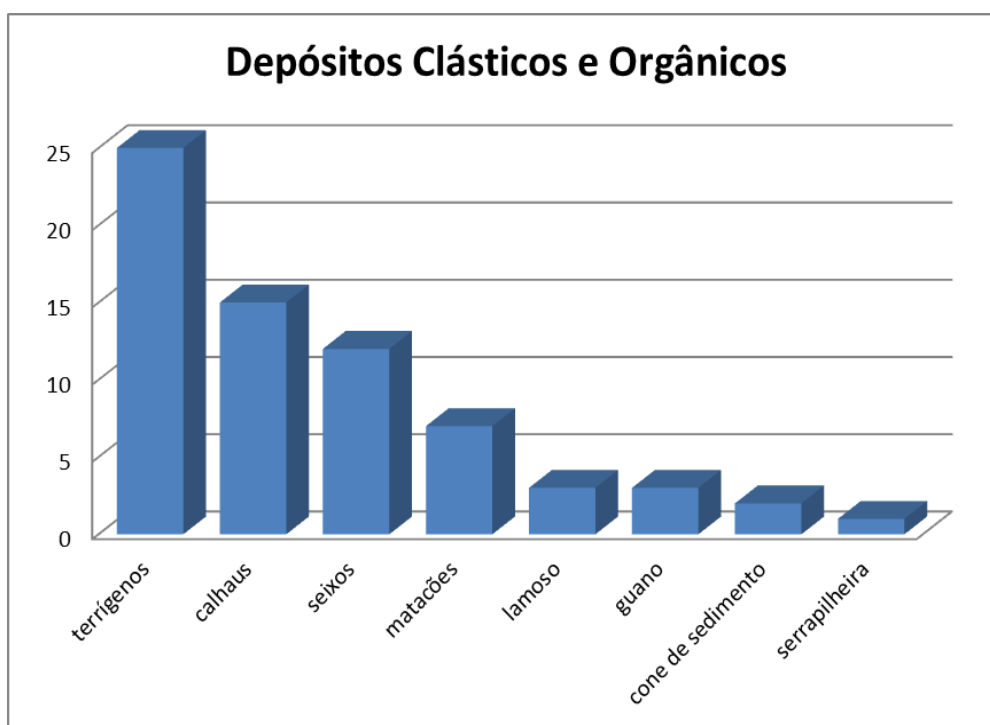
Foto 3.76 - Blocos abatidos de metadiamicrito estéril concentrados na Caverna 53



Foto 3.77 - Cone de sedimento terrígeno perto da parede da Caverna 53

Depósitos de sedimentos orgânicos também foram identificados em algumas cavernas. Em três delas foram encontrados depósitos de guano, em pequenas concentrações e localizados. A serapilheira também foi analisada, mas só foi considerada quando encontrada no interior da caverna (Figura 3.35). A serapilheira recorrente das entradas das cavernas não foi contabilizada, por ser um fator comum em todas. Desse modo, somente na caverna 99 foi identificada a presença da mesma, vinda provavelmente de um canalículo no teto.

FIGURA 3.35 - Distribuição dos depósitos clásticos e orgânicos observados



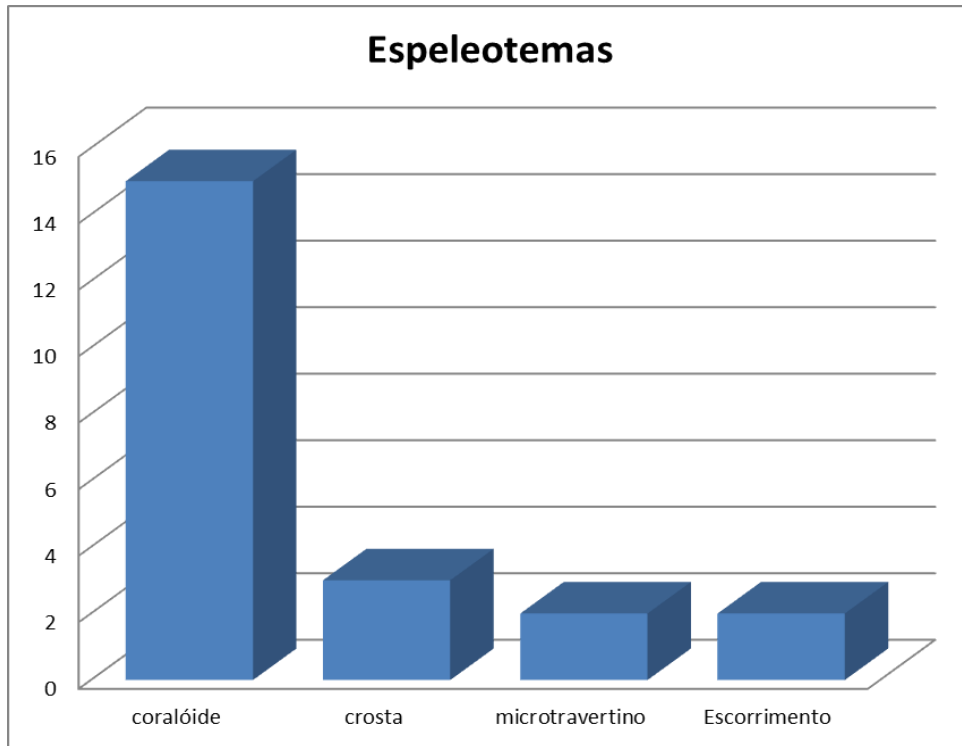
3.1.5.7 - Depósitos químicos

Depósitos químicos de diferentes tipos de minerais são encontrados em cavernas em decorrência da precipitação química dos elementos em solução e são genericamente denominados espeleotemas (JENNINGS, 1985). Espeleotemas foram verificados em 76% das cavernas estudadas, não tendo sido, no entanto, identificadas em seis cavernas, ou o correspondente a 24% da amostra local.

Nas formações ferríferas do Quadrilátero Ferrífero e de Carajás os espeleotemas mais recorrentes são as crostas (variadas) e os coralóides. Nos metadiamicititos do complexo mineralógico os coralóides são os espeleotemas mais comuns, tendo sido identificados em 15 cavernas, correspondente a 60% da amostra. Porém, em contrapartida, crostas foram identificadas em apenas três cavernas, ou 12% da amostra. Os coralóides são do tipo agulha ou arredondados, ocorrendo em colônias ou espaçados. As crostas (Fotos 3.78) identificadas variaram de marrom, branca ou amarela, sendo delgadas ou esparsas. Microtravertinos e escorrimentos foram identificados em duas cavernas cada. Os diferentes espeleotemas também ocorrem associados entre si (Fotos 3.79).

A ocorrência dos depósitos químicos nos metadiamicritos da área de estudo pode ser visualizada na Figura 3.36.

FIGURA 3.36 - Ocorrência de depósitos químicos nas cavernas estudadas



Fotos 3.78 e 3.79 - Associação de espeleotemas, coralóides com crostas

3.1.5.8 - Aspectos espeleogenéticos

Apesar de haver diversos mecanismos que permitem a formação de cavidades naturais subterrâneas, a grande maioria das cavernas é formada por processos de dissolução, onde a água meteórica atua na dissolução da rocha, criando vazios no interior do maciço a partir da retirada de material em solução.

Por se tratar de algo novo, a discussão sobre a gênese de cavernas em formações ferríferas ainda é incipiente, não havendo uma definição consolidada para tal. Nos últimos anos a grande quantidade de cavidades identificadas no Quadrilátero Ferrífero-MG e em Carajás-PA alavancaram as discussões acerca de sua gênese.

De forma pioneira SIMMONS (1963, apud PILÓ & AULER, 2009) atribui a gênese de cavernas ferríferas do Quadrilátero Ferrífero a processos de dissolução, apontando que ocorre a dissolução do dolomito, quando este existe, mas também de quartzo e hematita, levando à formação de uma zona de minério de ferro de alta porosidade, que pode chegar a 50% do volume da rocha. Em regiões de minério de ferro silicoso, a dissolução da sílica também exerceria um papel importante. Acrescentando um novo componente a essa teoria, MCFARLANE & TWIDALE (1987, apud PILÓ & AULER, 2009) defendem a dissolução e lixiviação dos óxidos de ferro como parte da carstificação e inferem que agentes microbiológicos tem atuação na dissolução do ferro.

PILÓ & AULER (2005) descrevem duas etapas distintas na formação das cavernas ferríferas: a primeira delas com predominância de processos dissolutivos e a segunda com ação de processos erosivos. Na primeira etapa ocorreria a dissolução da rocha em ambiente freático, gerando zonas de alta porosidade, enquanto que na segunda etapa o material seria retirado do maciço por processos físicos do tipo *piping*. Os autores dão destaque para o momento em que se estabelece uma saída para o exterior como fase a partir da qual os processos físicos passam a ser mais evidentes.

Inferências sobre a gênese das cavernas em estudo se pautam nas referências teóricas estabelecidas para as cavernas ferríferas do Quadrilátero Ferrífero e Carajás ainda que se reconheça serem as rochas distintas entre si, e na análise dos mapas das cavidades, no posicionamento na paisagem e em observações de campo.

Analisando o processo de carstificação dos metadiamicititos da Formação Nova Aurora, pode se traçar um paralelo com as cavernas desenvolvidas nas Formações Ferríferas Bandadas (BIFs) e com os depósitos de canga do Quadrilátero Ferrífero. Embora haja evidente contraste litológico e químico (o teor médio de ferro nos metadiamicititos do Projeto Vale do Rio Pardo é de 20%, enquanto no Quadrilátero Ferrífero é em geral acima de 40% Fe) e o processo de gênese das cavidades em metadiamicititos seja ainda desconhecido, sabe-se que os processos de dissolução e a presença de estruturas é igualmente de fundamental importância.

A ocorrência de espeleotemas compostos por oxi-hidróxidos de ferro na grande maioria das cavernas do complexo mineralógico corrobora com as teorias de dissolução do ferro, enquanto a presença de uma mineralogia variada na matriz dos metadiamicititos, alguns deles de maior solubilidade do que o ferro poderia impor um maior dinamismo ao processo endógeno de dissolução. A ocorrência de feições típicas de dissolução do tipo domo, chaminés e alvéolos corrobora com essa proposição. A grande frequência de estruturas do tipo canalículos demonstra a ocorrência de processos de dissolução com fluxo concentrado no maciço. Cabe aqui ressaltar que a presença de inúmeros clastos na composição dos metadiamicititos eleva consideravelmente a taxa de desagregação da rocha. A retirada desses clastos eleva a porosidade da rocha e cria feições do tipo alvéolos gerados por erosão física descritos para várias cavidades.

Geomorfologicamente observa-se que a região em estudo apresenta grande influência de estruturas tectônicas na elaboração das formas de relevo, tendo destaque a predominância de vales estruturais, condicionamento evidente na gênese das cavernas do complexo minerário. Tal pressuposto, associado à frequência de canalículos, permite inferir sobre a gênese evolutiva destes canalículos para condutos e salões estruturados, que podem ter dado origem a cavernas com padrões morfológicos em planta do tipo Retilíneo, Reticulado e Curvilíneo.

Nas maiores cavernas, os processos endógenos parecem ser predominantes. Essas cavernas possuem formas mais arredondadas, com padrão irregular, sugerindo que câmaras de dissolução possam ter evoluído independentemente, tendo sido posteriormente conectadas por canalículos. As três maiores cavernas em estudo (Mocororô, 039 e 059) possuem essas evidências.

A predominância de pisos aplainados nas cavidades não é coerente com a possibilidade de haver uma predominância da evolução exógena, da mesma forma que a ausência de água na maioria das cavernas indica que a retirada física de material não é tão atuante. Por outro lado, existem algumas cavernas onde se pode observar a predominância de processos exógenos erosivos, que são aquelas que têm a morfologia do tipo afunilada e do tipo abrigo, com muitos blocos abatidos na entrada, e também aquelas que se localizam muito próximas a leitos de drenagem.

Acredita-se que zonas de contato de camadas que apresentam variação composicional dentro do próprio metadiamicrito possa facilitar a percolação de água e facilitar a erosão local, gerando assim uma zona preferencial para cavernamento.

Por fim, ressalta-se que o menor desenvolvimento das cavernas em estudo, comparativamente àquelas do Quadrilátero Ferrífero, pode ter conexão com os fatores particulares da composição, textura e grau de metamorfismo da rocha analisada e com a idade mais recente dos metadiamicritos e, portanto, das cavernas, ou mesmo por questões paleoambientais. Considera-se assim que somente com a evolução científica dos estudos em cavidades hospedadas em metadiamicritos será possível obter maior conhecimento sobre o assunto.

3.1.5.9 - Registros paleontológicos

Fósseis de vertebrados são conhecidos no Brasil desde os anos 1820, quando SPIX & MARTIUS (1824) mencionaram um nódulo com restos de peixe da Formação Santana (Bacia do Araripe). Os trabalhos aumentaram significativamente e hoje várias formas de vida em várias bacias sedimentares que ocorrem no território brasileiro são conhecidas, como nas bacias do Paraná, Parnaíba e Amazonas.

O registro fóssilífero, apesar de ainda incompleto, é uma evidência da presença da sucessão da fauna e da flora ao longo dos anos e auxilia em interpretações paleoambientais e paleoecológicas.

O levantamento das ocorrências fóssilíferas nos municípios de Grão Mogol e Padre Carvalho foi realizado no dia 12 de dezembro de 2011 mediante consulta na base de Dados Paleontológicos - Base Paleo (www.cprm.gov.br), considerando a Unidade Federal e o município de interesse, porém não foi encontrado nenhum resultado para os municípios de Grão Mogol e Padre Carvalho (CPRM, 2011).

Nas visitas de campo referentes ao Projeto Vale do Rio Pardo foi constatada a presença de icnofósseis na Caverna 072 (complexo minerário), na Caverna do Mocarorô e nas cavidades visitadas no Vale dos Gigantes, que foram objeto de estudos específicos para o tema (Anexo 03).

3.1.5.10 - Aspectos estéticos, religiosos, cênicos e visitação

Nenhuma das cavernas em estudo foi levantada como possuidora de algum aspecto de beleza estética ou cênica. Também não foi constatado nenhum tipo de visitação e uso religioso nas mesmas, devido, principalmente, ao reduzido tamanho e ao difícil acesso. Os aspectos arqueológicos encontram-se no item 3.3.

3.1.6 - Considerações finais

Como citado anteriormente neste diagnóstico, ainda existem poucas informações ou artigos publicados a respeito de cavernas em rochas ferríferas. Cavidades em metadiamicritos também possuem estudos bastante escassos na literatura, mesmo sabendo-se do alto potencial para a espeleogênese das rochas ferríferas.

No âmbito do presente trabalho, pode-se dizer que a amostra de cavernas identificadas na área de estudo não apresenta atributos geoespeleológicos significativos, à exceção da Caverna 072 e da caverna do Mocarorô, as quais possuem registros icnofósseis (paleotoca).

3.2 - Diagnóstico bioespeleológico

3.2.1 - Introdução

O meio subterrâneo (ou hipógeo) compreende o conjunto de espaços interconectados do subsolo, de dimensões variáveis (da escala milimétrica a grandes cavidades acessíveis aos humanos - “cavernas”), preenchidos por água ou ar, e formados em rocha, especialmente aquelas solúveis (e.g., calcários, onde se forma a grande maioria das cavernas) ou em depósitos relativamente profundos de sedimentos clásticos (meio intersticial) (JUBERTHIE, 2002). Além da ausência permanente de luz, o ambiente subterrâneo é caracterizado pela temperatura relativamente constante e próxima da média anual da região e, na maioria das cavernas, uma umidade relativa do ar alta, acompanhada de baixas taxas de evaporação (BARR, 1967; POULSON & WHITE, 1969; HOWARTH, 1983).

Tradicionalmente, são reconhecidas no ambiente cavernícola quatro zonas com diferentes características físicas: (1) zona de entrada, ecótono entre os ambientes epígeo (de superfície) e hipógeo (subterrâneo); (2) zona de penumbra, onde ainda há alguma luminosidade; (3) zona afótica de transição, permanentemente escura onde ainda se observa algum efeito do meio epígeo, como variação diária da temperatura, porém minimizados em relação ao observado no meio epígeo; e (4) zona afótica profunda, onde o ambiente é relativamente estável e a taxa de evaporação é desprezível (VANDEL, 1964; BARR, 1968; POULSON & WHITE, 1969).

A diversidade de espécies de uma área está diretamente relacionada à disponibilidade de recursos. No caso dos ambientes cavernícolas, onde o recurso é extremamente limitado, essa diversidade sofre grande pressão.

Segundo BAHIA (2007) a ausência de luz faz com que não se encontrem produtores primários no ambiente cavernícola, com exceção de poucas bactérias quimioautotróficas. Desse modo, as comunidades cavernícolas acabam sendo essencialmente decompositoras (SARBU, 1996; FERREIRA & MARTINS, 1998). Assim, o fluxo energético no ecossistema já começa com detritívoros (FERREIRA *et al.*, 2000a), sendo a energia ou alimento, em sua maior parte, transportada do meio epígeo através dos rios, enxurradas e água de percolação, ou através de animais que entram e saem do meio hipógeo, havendo contribuição em geral pequena de microorganismos quimioautotróficos (SARBU, 1996; FERREIRA & MARTINS, 1998).

Por esta razão, o meio subterrâneo é um ambiente frequentemente pobre em recursos alimentares e a biomassa deste ecossistema é geralmente baixa (MOHR & POULSON, 1966; BARR, 1967; 1968).

A fauna associada ao ambiente cavernícola é geralmente classificada em três categorias, de acordo com sua relação ecológico-evolutiva com o meio hipógeo (HOLSINGER & CULVER, 1988).

Troglóbios, espécies restritas ao meio subterrâneo, frequentemente apresentam autapomorfias relacionadas ao regime seletivo próprio ao meio hipógeo (troglomorfismos), como uma consequência do isolamento genético, tais como redução total ou parcial dos olhos, da pigmentação melânica, de asas e do sistema traqueal, no caso dos insetos, adelgaçamento da cutícula, maior desenvolvimento de órgãos sensoriais não-visuais (como alongamento das antenas, apêndices, tricobótrios etc.), regressão de comportamentos tais como ritmos circadianos, comportamento agonístico, reações fotonegativas com relação às espécies epígeas e frequentemente uma redução nas taxas metabólicas (BARR, 1967; 1968; HOLSINGER, 1988; HOWARTH, 1980, 1983, 1993).

Troglófilos são cavernícolas facultativos, capazes de viver e se reproduzir tanto no ambiente hipógeo como no epígeo, com indivíduos que transitam entre os dois ambientes, mantendo o fluxo gênico entre as populações.

Trogloxenos podem permanecer no interior das cavernas por algum tempo, mas são obrigados a sair periodicamente para o meio epígeo a fim de completar o ciclo de vida, para atividades como alimentação (caso mais comum) e/ou reprodução.

Pode-se citar, também, uma quarta categoria de animais, denominados acidentais, que não são cavernícolas propriamente ditos, mas podem ser encontrados com relativa frequência no meio hipógeo. São animais epígeos que atingem o interior das cavernas por acidente (queda por aberturas superiores, arrastados por enxurradas etc.) ou à procura de ambiente climaticamente mais ameno (sapos, cobras etc.), mas que são incapazes de aí se orientar e geralmente não conseguem sair, servindo de alimento para os cavernícolas propriamente ditos.

Para colonizar o ambiente subterrâneo e estabelecer populações troglófilas, os organismos devem ser aptos a se orientar na ausência de luz, encontrar alimento e parceiros sexuais sem a utilização da visão, frequentemente sob condições alimentares escassas e baixas densidades populacionais (TRAJANO, 2003). Geralmente os grupos com maior probabilidade de sucesso na colonização do meio hipógeo são aqueles de hábito noturno, com baixo metabolismo (necessidade de pouco alimento) e que sejam detritívoros, onívoros ou carnívoros generalistas e oportunistas. Para PARZEFALL (1986), além desses pré-requisitos, um fator importante para a colonização de cavernas é um comportamento reprodutivo baseado na comunicação química e/ou mecânica, o que poderia explicar por que crustáceos epígeos que desenvolvem essas formas de comunicação como sistema básico são tão bem sucedidos na colonização de cavernas.

É necessário ressaltar, entretanto, que os estados de caráter comumente associados aos troglóbios (principalmente redução de olhos e pigmentação melânica) e interpretados como troglomorfismos podem já estar presentes em espécies que vivem em ambientes epígeos escuros (sob rochas, no solo, em rios turvos). ARNOLD (1994) faz uma comparação entre exaptação (estado de caráter de uma população ou grande unidade taxonômica que confere vantagem ao grupo para a aquisição de um novo modo de vida, mas que já estava presente no táxon anteriormente, portanto tendo aparecido sob um regime seletivo diferente) e adaptação (caráter adquirido após a mudança de modo de vida, estando, portanto, relacionado ao novo regime seletivo). De acordo com essas definições, os pré-requisitos anteriormente descritos para a colonização de cavernas seriam exaptações e os troglomorfismos, desde que observados exclusivamente nas espécies subterrâneas, seriam as especializações ao ambiente subterrâneo (ou epígeo escuro), podendo corresponder a estados de caráter adaptativos ou neutros (E. TRAJANO comum. pess.).

Muitos organismos troglógenos atuam como importadores de energia do meio externo, sendo muitas vezes os principais responsáveis pelo fluxo energético em cavernas. Os morcegos são alguns dos poucos vertebrados que tem feito esse uso de modo eficiente e permanente (KUNZ, 1982).

Os quirópteros, quando presente nas cavidades, precisam sair para o ambiente epígeo para se alimentar, uma vez que o recurso é muito escasso no interior cavernícola. Dessa forma, os morcegos agem como carreadores de matéria orgânica para o interior das cavernas, na forma de fezes ou cadáveres (TRAJANO, 1995). Esse comportamento faz com que os morcegos sejam um dos principais carreadores de nutrientes entre o ambiente epígeo e o ambiente hipógeo.

Os morcegos podem utilizar os mais diversos tipos de abrigo, como cavernas, fendas-de-rocha, buracos no solo, ocos-de-árvores, superfícies de troncos de árvores, folhagens, cupinzeiros e construções humanas, como forros de casa, sótãos, porões, janelas, vãos de dilatação, pontes e outros (KUNZ, 1982). No Brasil, cerca de 35 espécies já foram encontradas em cavernas (TRAJANO, 1995), o equivalente a cerca de 20% das 170 espécies encontradas no país (GARDNER, 2007).

Os levantamentos de campo de bioespeleologia no complexo minerário foram realizados por duas equipes: uma especializada em invertebrados e a outra em quirópteros. O desenvolvimento do presente diagnóstico de bioespeleologia é apresentado a seguir, subdividido de acordo com as especialidades.

3.2.2 - Invertebrados

3.2.2.1 - Procedimentos Metodológicos

A maioria dos estudos biológicos em cavernas brasileiras está relacionada a cavidades carbonáticas, com poucos estudos em outras litologias, como quartzitos, arenitos e granitos (TRAJANO & MOREIRA, 1991; ZEPPELINI-FILHO *et al.* 2003; FERREIRA, 2004). Apenas recentemente surgiram alguns estudos em cavidades de minério de ferro, concentrados principalmente em Carajás (PA) e no Quadrilátero Ferrífero (MG), em estudos ambientais de licenciamento (ANDRADE, 2007; PELLEGGATTI-FRANCO *et al.*, inédito). Estudos têm mostrado que cavernas ferruginosas apresentam-se como ambientes variáveis, mas com elevado potencial ao estabelecimento de comunidades biológicas (FERREIRA, 2005). Segundo o autor, comparando-se a fauna das grutas ferruginosas com a encontrada em cavernas de outras litologias (principalmente o calcário), percebe-se que a composição é semelhante, principalmente ao nível das famílias de invertebrados presentes. Estudo recente de SILVA *et al.* (2011) indica que a riqueza de espécies de animais invertebrados troglófilos e troglóbios é maior em cavidades ferruginosas que em outras litologias.

Nenhum estudo biológico pretérito foi encontrado na região em que se inserem as cavidades do presente estudo.

Os estudos bioespeleológicos foram realizados em vinte e sete sítios espeleológicos, sendo vinte e cinco, localizadas no complexo minerário, avaliados quanto à relevância, conforme os critérios da IN 02, de 20 de agosto de 2009. Além dessas cavidades, duas outras, fora da área do empreendimento, foram amostradas para avaliação do contexto regional (Caverna Boca Soberba e Caverna Tocaia de Paca, localizadas próximas à parte sul da adutora, no município de Grão Mogol). Estas, embora com litologia diferente (xisto) foram amostradas por se localizar próximas ao local do empreendimento, sendo úteis na comparação de parâmetros biológicos (Quadro 3.8). Salienta-se que ainda estão em fase de estudo também para a bioespeleologia as cavernas do Vale dos Gigantes, a Caverna Mocarorô e os 16 abrigos e reentrâncias identificados no complexo minerário, sendo que esses dados serão comparados no estudo complementar de cavidades a ser apresentado ao IBAMA antes da obtenção da LP, visando assim melhor contextualizar a bioespeleologia nos contextos local e regional.

QUADRO 3.8 - Sítios espeleológicos amostrados quanto à bioespeleologia

DENOMINAÇÃO	IDENTIFICAÇÃO	Coordenadas UTM Fuso 23K	
		UTM E	UTM N
Cavernas	Caverna 008	741215	8201524
	Caverna 039	743067	8200597
	Caverna 045	741682	8205021
	Caverna 046	741681	8204958
	Caverna 050	742984	8202700

Continuação

DENOMINAÇÃO	IDENTIFICAÇÃO	Coordenadas UTM Fuso 23K	
		UTM E	UTM N
Cavernas	Caverna 052	744314	8201710
	Caverna 053	744398	8201590
	Caverna 059	741066	8204152
	Caverna 071	742980	8203082
	Caverna 072	742071	8200970
	Caverna 090	743174	8200667
	Caverna 099	743563	8199064
	Caverna 110	743182	8199933
	Caverna 112	741375	8204331
	Caverna 117	741273	8204220
	Caverna 121	741315	8204207
	Caverna 124	741653	8204344
	Caverna 126	741754	8204339
	Caverna 130	741330	8204237
	Caverna 134	743353	8201783
	Caverna 135	743310	8201634
	Caverna 144	742960	8202952
	Caverna 150	741613	8201225
Caverna 151	741590	8201187	
Caverna 152	741220	8201529	
Cavernas (enfoque regional)	Caverna Tocaia de Paca	756044	8156111
	Caverna Boca Soberba	756105	8156155

Atividades em campo

As campanhas de campo foram realizadas de 01 a 19 de agosto e de 21 a 24 de outubro de 2011 (estação seca) e de 03 a 17 de dezembro de 2011 (estação chuvosa). As coletas foram autorizadas pelo órgão ambiental através do Processo IBAMA nº 02001.006641/2010-73, Autorização nº 116/2011.

Para a caracterização das variáveis ambientais relevantes para a fauna cavernícola foram registradas qualitativamente (percepção visual) as condições de luminosidade, umidade dos substratos e recursos tróficos disponíveis. Para a luminosidade foi registrada a incidência de luz direta (E - zona de entrada), de luz indireta/área sombreada (P - zona de penumbra) e regiões sem incidência luminosa (A - afótica), sendo cada um desses setores avaliado separadamente para as demais variáveis. A complexidade da superfície foi registrada (piso rochoso, sedimento fino, cascalho, matacão, guano de morcegos e outros). Foram levantadas as diferentes condições de umidade dos substratos no interior das grutas (presença de drenagem, lago, poça, gotejamento e percolação) e condições do piso (pó, seco, úmido ou encharcado). Informações sobre os recursos tróficos presentes também foram anotadas na ficha de campo (material vegetal, detrito, raízes, guano, fezes de vertebrados não voadores, bolotas de regurgitação, carcaça, entre outros), que pode ser visualizada na figura 3.37.

Os estudos envolveram o levantamento de invertebrados presentes em cada cavidade, a partir do método de busca ativa, no qual a totalidade dos substratos foi revisada em busca de espécimes, alguns dos quais coletados com a utilização de pinças e pincéis. O tempo de busca variou de acordo com o tamanho da cavidade e complexidade dos substratos, com esforço amostral de aproximadamente 2 minutos por m², sendo que toda a área da cavidade foi averiguada.

Os organismos foram acondicionados em recipientes com álcool 70% para fixação e conservação. Substratos de coleta e eventuais comportamentos e interações ecológicas observadas durante o levantamento faunístico foram registrados. Registros fotográficos foram realizados quando pertinente.

A presença de vertebrados e/ou vestígios nas cavidades foi registrada sempre que possível através de anotações e fotografias.

FIGURA 3.37 - Fichas bioespeleológicas utilizadas nas atividades de campo

FICHA BIOESPELEOLÓGICA		
Área: Vale do Contorno Caverna: 059 Horário (período na caverna): 10h30 - 11h00		Localidade: MUNDO NOVO Data: 12/12/11 Responsável: MARI
Setor/Coletor/Zonação/Tempo de busca 1 - DENSA ENTRADA - 15' 2 - MUCOS. PC - 20' 3 - DENSA PE - 20'		4 - PE - MUCOS - 20' 5 - MUCOS A - 25' 6 - DENSA A - 40'
Nº de epp 6	Nº de falcon 2	Registro fotográfico (máquina/fotos) E1002 103, 1027, 108c
Zonação: Entrada (E) <u>15</u> % Penumbra (P) <u>70</u> % P clara ___ % P escura ___ % Afótica (A) <u>15</u> % Obs:		
Informações adicionais: Vegetação do entorno / estrato dominante Mata ARBÓREA - árvores finas e altas / Gramíneas Alterações antrópicas (escavação/lixo/poluição) TRILHAS E ÁRVORES ARRANJADOS NA ENTRADA Pontos próximos (drenagem/via/estrada/mina) DRENAGEM (CÔRREGO MUNDO NOVO) Condições climáticas do meio epígeo NUBELADO / CHUVOSO		
Breve descrição da caverna: ENTRADA AMPLA, COM CONSTRIÇÃO (< 1m de diâmetro) QUE DÁ P/ O INTERIORE Declividade do piso próximo à abertura 0 Sombreamento POUCO SOMBREADO NA ENTRADA Aberturas (quantidade/tamanho) 1 AMPLA (+ DE 3m de altura)		
Observações:		

Cavidade: 59		Setor: 2		Coletor: GNDI		Data: 12/12/11	
Zonação <input type="checkbox"/> Entrada <input checked="" type="checkbox"/> Penumbra <input type="checkbox"/> Afótica <input checked="" type="checkbox"/> P. clara <input type="checkbox"/> P. escura				Vegetação <input checked="" type="checkbox"/> Não <input type="checkbox"/> Sim <input type="checkbox"/> Muito <input type="checkbox"/> Pouco			
Obs: 20'				Obs: (Descreva)			
Fungos/Líquens/Algas <input type="checkbox"/> Não <input checked="" type="checkbox"/> Sim				Piso <input checked="" type="checkbox"/> Sed. Fino <input checked="" type="checkbox"/> Cascalho <input type="checkbox"/> Matacão <input type="checkbox"/> Rochoso <input type="checkbox"/> Guano			
Obs: Fungo guano				Obs: rned			
Informações adicionais							
Umidade							
Piso <input type="checkbox"/> Pó <input type="checkbox"/> Seco <input checked="" type="checkbox"/> Úmido <input type="checkbox"/> Encharcado				Presença de água <input type="checkbox"/> Sim <input checked="" type="checkbox"/> Não			
Obs:				<input type="checkbox"/> Drenagem <input type="checkbox"/> Poça <input type="checkbox"/> Lago <input type="checkbox"/> Percolação <input type="checkbox"/> Gotejamento			
Substratos orgânicos							
Material Vegetal <input checked="" type="checkbox"/> Sim <input type="checkbox"/> Não				Detrito <input checked="" type="checkbox"/> Sim <input type="checkbox"/> Não			
<input type="checkbox"/> Pontos Esparsos <input checked="" type="checkbox"/> Manchas <input type="checkbox"/> Área Grande				<input checked="" type="checkbox"/> Pontos Esparsos <input type="checkbox"/> Manchas <input type="checkbox"/> Área Grande			
Obs: FOLHOS				Obs: (Descreva) CLADOS MA VEGETAL			
Raízes <input checked="" type="checkbox"/> Sim <input type="checkbox"/> Não				Guano <input checked="" type="checkbox"/> Sim <input type="checkbox"/> Não			
<input checked="" type="checkbox"/> Rizotemas <input checked="" type="checkbox"/> Redes Anastomosadas				<input type="checkbox"/> Frugívoro		<input type="checkbox"/> Insetívoro	
<input checked="" type="checkbox"/> Calibre grosso <input checked="" type="checkbox"/> Superficiais <input type="checkbox"/> Subsuperficiais				<input type="checkbox"/> Recente <input type="checkbox"/> Antigo <input type="checkbox"/> Exaurido		<input type="checkbox"/> Recente <input checked="" type="checkbox"/> Antigo <input type="checkbox"/> Exaurido	
<input checked="" type="checkbox"/> Calibre fino (mm) <input checked="" type="checkbox"/> Piso <input type="checkbox"/> Parede <input type="checkbox"/> Teto				<input type="checkbox"/> Pontos Esparsos <input type="checkbox"/> Manchas <input type="checkbox"/> Área Grande		<input checked="" type="checkbox"/> Pontos Esparsos <input type="checkbox"/> Manchas <input type="checkbox"/> Área Grande	
<input checked="" type="checkbox"/> Superficiais <input type="checkbox"/> abundantes <input type="checkbox"/> pouco abundantes				<input type="checkbox"/> Hematófago		<input type="checkbox"/> Recente <input type="checkbox"/> Antigo <input type="checkbox"/> Exaurido	
<input type="checkbox"/> Subsuperficiais <input type="checkbox"/> abundantes <input type="checkbox"/> pouco abundantes				<input type="checkbox"/> Recente <input type="checkbox"/> Antigo <input type="checkbox"/> Área Grande		<input type="checkbox"/> Pontos Esparsos <input type="checkbox"/> Manchas <input type="checkbox"/> Área Grande	
Obs:				Obs:			
Fezes de vertebrados não voadores <input type="checkbox"/> Sim <input checked="" type="checkbox"/> Não				Bolotas de regurgitação <input type="checkbox"/> Sim <input type="checkbox"/> Não			
<input type="checkbox"/> Insetívoro				Obs:			
Obs:				Carcaça <input type="checkbox"/> Sim <input checked="" type="checkbox"/> Não			
Obs:				Outros substratos orgânicos <input type="checkbox"/> Sim <input checked="" type="checkbox"/> Não			
Obs:				Obs:			
Fauna							
Vertebrados <input type="checkbox"/> Sim <input checked="" type="checkbox"/> Não				Abundância de espécies (> 1cm)			
grupos	Nº ind	identificação	identificação		Nº ind		
Anfíbios			30 larva Neobornia				
Lagartos			Lacertídeos				
Cobras			Phyllorhina				
Aves			Mniotiltidae				
Mamíferos			Peromyscus				5
Morcegos							
Obs:				Obs:			
Insetos sociais <input checked="" type="checkbox"/> Sim <input type="checkbox"/> Não				Vestígios <input checked="" type="checkbox"/> Sim <input type="checkbox"/> Não			
<input checked="" type="checkbox"/> ninhos de Hymenoptera		<input checked="" type="checkbox"/> caminhos de cupim		<input type="checkbox"/> Exoesqueleto		<input type="checkbox"/> Ossada	
Taxon <u>Formica</u>		<input checked="" type="checkbox"/> Ativos <input checked="" type="checkbox"/> Inativos		<input type="checkbox"/> Pegada		<input checked="" type="checkbox"/> Ninho <u>Foto</u>	
<input type="checkbox"/> Ativos <input type="checkbox"/> Inativos		<input checked="" type="checkbox"/> cupinzeiro		Obs:		Obs:	
Obs: 2 COLONIAS DE ABELHAS (A. mellifera)				Obs:			
Interações Ecológicas (ex. ovos, cópula, alimentação, predação, parasitismo)							

Atividades de laboratório

Todo o material coletado foi triado em laboratório com o uso de estereomicroscópio e microscópio, e agrupados por morfoespécies e identificados com o auxílio de chaves para características morfológicas. O refinamento de identificações, correlações, morfotipagem e análise de troglomorismos foram efetuados preferencialmente através de indivíduos adultos, já que jovens são pouco focados em estudos taxonômicos; muitas vezes identificações são efetuadas levando-se em conta as genitálias de machos e fêmeas (ex. Arachnida). Devido ao término da segunda campanha de campo ocorrer no final do mês de dezembro, não houve tempo hábil para a triagem do material antes do período de férias da maioria dos pesquisadores, que ocorre no mês de janeiro (período de férias nas Universidades). Por isso apenas opiliões, escorpiões e pseudoescorpiões foram enviados a especialista (grupos cujos especialistas encontravam-se em atividade) para refinamento das identificações e análise morfológica. Os locais de depósito de material biológico serão: Museu de Zoologia da USP (São Paulo), Instituto Butantan (parte de Arachnida) e museu de referência da Faculdade de Saúde Pública da USP (Diptera Phlebotominea).

Análises

Os valores de riqueza absoluta de espécies das cavidades foram utilizados como valores de riqueza para comparação. A presença de um táxon jovem (sem identificação) foi contabilizada apenas se não ocorreu na mesma cavidade a presença de adulto com identificação mais precisa, para não superestimar o resultado, por isso, o número de espécies indicado é considerado um número mínimo.

Curva de acumulação de espécies foi construída considerando cada cavidade como uma amostra da fauna subterrânea local. Análise exploratória de similaridade da fauna das cavidades da área foi realizada através de análise de Agrupamento UPGMA (SNEATH & SOKAL, 1973), utilizando o índice de Jaccard de similaridade. Para as análises, foi utilizado o programa PAST versão 2.02 (HAMMER *et al.*, 2001).

A abundância relativa foi obtida considerando espécies de vertebrados e de invertebrados com adultos de tamanho corporal maior ou igual a 1 cm, tendo sido utilizados os números de indivíduos obtidos durante as observações de campo e identificações do material coletado. A fórmula utilizada para o cálculo foi $Ab = n \times 100 / N$, onde Ab (%) é a porcentagem da abundância da espécie alvo, n é o número de indivíduos da espécie alvo por época e N é o total de indivíduos das espécies presentes em cada época de coleta com adultos com mais de 1 cm. Os valores de abundância relativa foram obtidos separadamente para cada época para evitar que um mesmo indivíduo entre duas vezes no mesmo cálculo. Foram consideradas como abundância alta, as espécies com número de indivíduos acima de 20% do total de indivíduos. Para o atributo foi utilizado o maior valor entre épocas de coleta.

Tendo em vista que as cavidades inventariadas apresentam pequeno número de espécies com tamanho corporal maior ou igual a 1 cm, torna-se impreciso o método para indicar cavidades com populações abundantes. Pode ser observado que cavidades com maiores números de espécies apresentam proporções melhor distribuídas de abundância relativa. Considerando que o número de espécies é pequeno, a diminuição do valor de corte abaixo do valor adotado (30%) aumenta o intervalo de valores afetados pelo artefato do cálculo. Por outro lado, se a nota de corte for alta, as cavidades com maior diversidade não terão a relevância reconhecida.

3.2.2.2 - Resultados

3.2.3.2.1 - Caracterização das cavidades

As cavidades amostradas na área do empreendimento, em sua maioria, possuíam pequenas dimensões (variando entre 5 e 75 metros de projeção horizontal) com predomínio de áreas de entrada e de penumbra. Foi observada, principalmente na zona de entrada, a ocorrência de micro-organismos (Fotos 3.80), líquens, fungos, briófitas, pteridófitas e brotos de angiospermas na maioria das cavidades. Estas características estão relacionadas, de maneira geral, à maioria delas possuírem entradas bem iluminadas e pouco protegidas (Foto 3.81). Apenas cinco cavidades localizadas na área do empreendimento apresentaram região afótica (19% das cavidades): Caverna 039, 059 e 099, além das cavidades localizadas fora da área do empreendimento (Cavernas Boca Soberba e Tocaia de Paca). Região de penumbra com ausência de afótica foi observada em oito cavidades (30%) e apenas região de entrada (incidência direta de luminosidade) foi observada em 20 cavidades (74%).

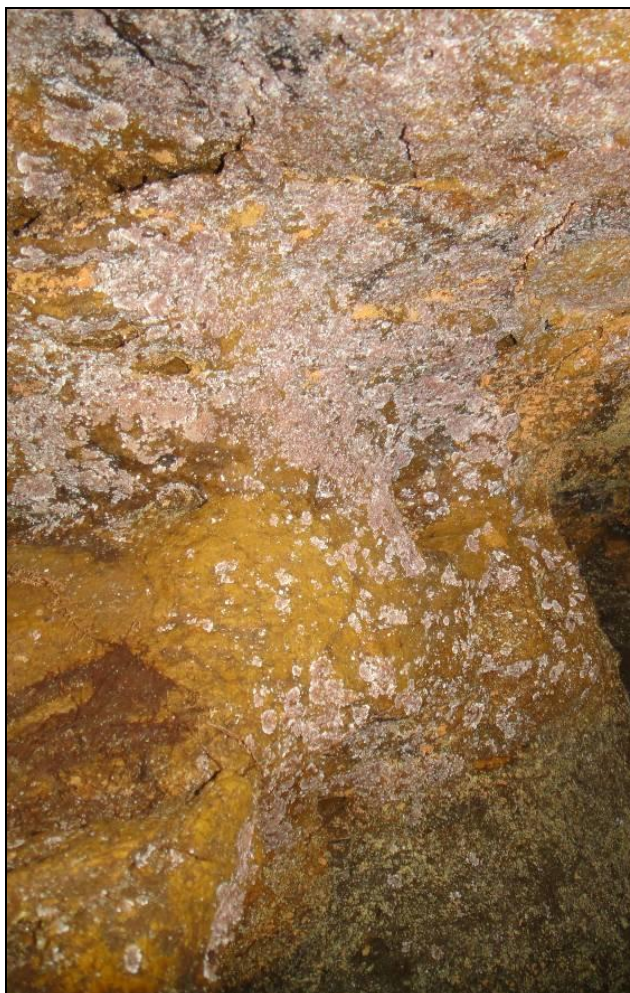


Foto 3.80- Micro-organismos observados em parede na Caverna 117.

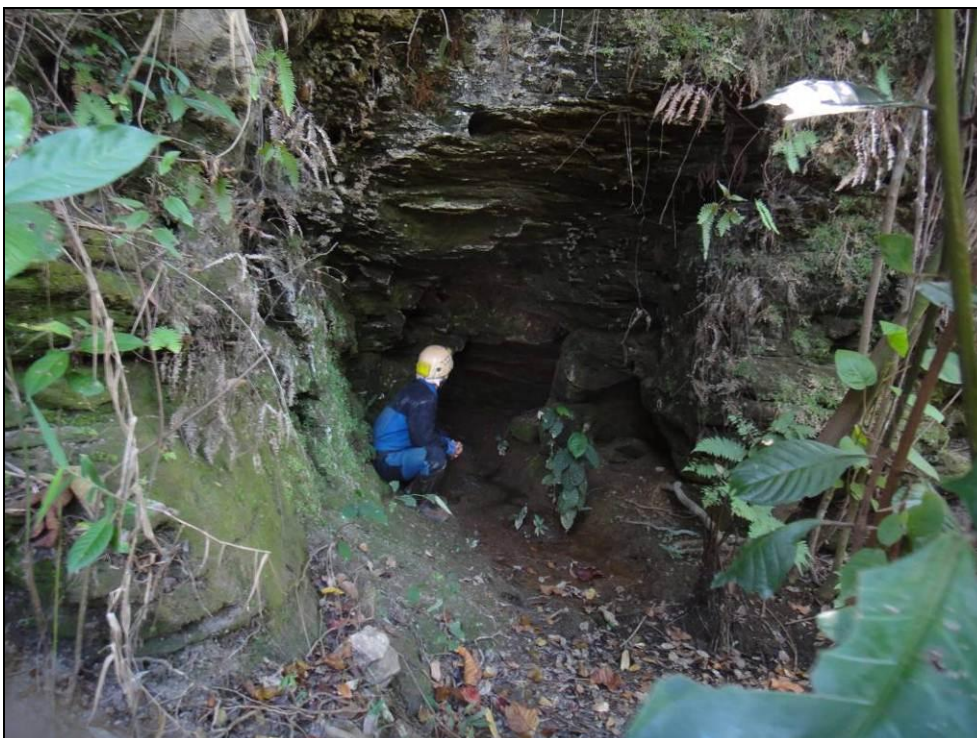


Foto 3.81 - Entrada da Caverna 046 com presença de musgos, pteridófitas e brotos de angiospermas.

Com relação à umidade, para 10% das cavidades foi detectado um aumento na umidade para o período úmido em relação ao seco, para 83% das cavidades não foi detectada variação marcante entre as campanhas e, para 7%, aumento de umidade na campanha realizada em período seco. De um modo geral, a umidade era elevada em regiões mais profundas na rocha. Em algumas cavidades foram registradas regiões com água estagnada, representadas na sua maioria por poças no sedimento ou sobre a rocha (Foto 3.82), muitas vezes com matéria orgânica. Em 7% das cavidades, foi encontrado corpo d'água apenas no período úmido e 17% em ambas as campanhas. A presença e quantidade desses corpos d'água, que podem servir de microhabitat para a fauna, podem variar em função do regime de chuvas na superfície.



Foto 3.82 - Percolação na Caverna 117

A ocorrência dos diferentes substratos orgânicos em cada cavidade, considerando os sete tipos contemplados na Instrução Normativa (IN) nº 2, de 20/08/09, está indicada no quadro 3.9 e sintetizada na Figura 3.38.

QUADRO 3.9 - Recursos tróficos presentes nas cavidades estudadas no complexo minerário do Projeto Vale do Rio Pardo.

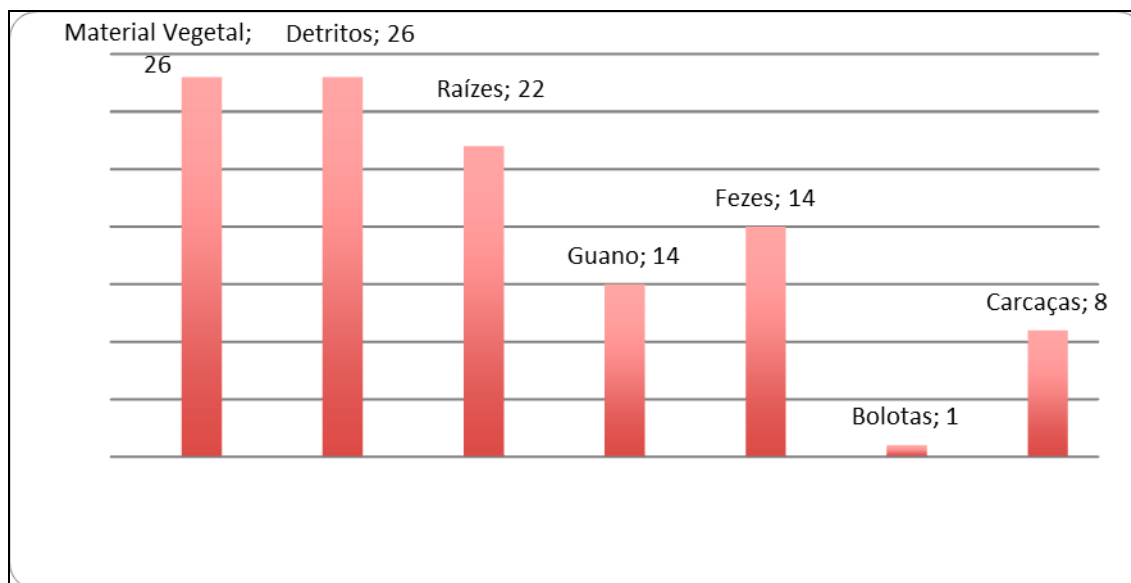
Identificação	1	2	3	4	5	6	7	Total
008	1	1	1					3
039	1	1	1	1	1		1	6
045	1	1	1					3
046	1	1	1					3
050	1	1			1		1	4
052	1	1			1		1	4
053		1	1	1				3
059	1	1	1	1	1		1	6
071	1	1	1	1				4
072	1	1		1	1			4
090	1	1		1	1			4
099	1	1	1	1				4
110	1	1	1	1	1			5

Continuação

Identificação	1	2	3	4	5	6	7	Total
112	1	1	1				1	4
117	1	1	1	1			1	5
121	1	1	1		1			4
124	1	1	1	1	1			5
126	1	1	1					3
130	1	1	1		1			4
134	1		1	1	1			4
135	1	1		1				3
144	1	1	1					3
150	1	1	1					3
151	1	1	1		1			4
152	1	1	1					3
Boca Soberba	1	1	1	1	1	1	1	7
Tocaia de Paca	1	1	1	1	1		1	6

1. Material Vegetal. 2. Detritos. 3. Raízes. 4. Guano 5. Fezes de vertebrados não-voadores. 6. Bolotas de regurgitação 7. Carcaças.

FIGURA 3.38 - Número de cavidades com presença dos diferentes tipos de substratos orgânicos



Os substratos orgânicos mais frequentes, registrados nas 27 cavidades estudadas, foram de material vegetal, constituído pela vegetação de pequeno porte já mencionada (folhiço) e por detritos, que podem ser de origem vegetal ou animal (97% das cavidades cada), seguido de raízes (82%), guano de morcegos (52%) e fezes de vertebrados não voadores (52%). Com menor frequência foram observados carcaças (30%) e bolotas de regurgitação, que foram observadas apenas na caverna Boca Soberba (3%).

Folhíço e detrito vegetal foram observados geralmente restritos à região de entrada, próximos à linha d'água, embora alguns acúmulos isolados tenham sido detectados em regiões mais profundas de algumas cavidades (Fotos 3.83 e 3.84).



Fotos 3.83 e 3.84 - Material vegetal (esquerda - Caverna 008) e detritos mistos (direita - Caverna 110)

Na sua maioria, raízes (observadas em 82% das cavidades - Fotos 3.85 e 3.86) estão representadas por sistemas subsuperficiais de calibre fino (menor que dois milímetros de diâmetro) que ocupam diferentes extensões das cavidades. Penetram a partir das aberturas horizontais e verticais, muitas vezes permeando canalículos estreitos e atingindo a cavidade verticalmente. Raízes de calibre grosso, quando presentes, foram detectadas geralmente próximas às entradas. Sistemas radiculares superficiais abundantes, incluindo a formação de rizotemas (crescimento de raízes em locais com gotejamento) e redes anastomosadas, foram registrados em 18% das cavidades.



Foto 3.85 e 3.86- Raízes anastomosadas (esquerda) e de calibre grosso (direita) da Caverna 117

Fezes de vertebrados não voadores (Fotos 3.87 e 3.88) foram registradas em 52% das cavidades estudadas, em diferentes setores internos, em focos esparsos ou em pequenos acúmulos, sem ocorrência de locais com abundância desse recurso. Constituem na sua maioria fezes de insetívoros, originada de anfíbios que se abrigam nas cavidades.



Fotos 3.87 e 3.88 - Fezes de vertebrado insetívoro (possivelmente anfíbios) na Caverna 110 (esquerda); fezes de pequeno lagarto, possivelmente *Tropidurus* sp. na Caverna 052 (direita)

Guano de morcegos (Foto 3.89 e 3.90) foi registrado em 52% das cavidades estudadas, porém não foi possível identificar a dieta da maioria deles devido ao fato de serem acúmulos antigos e ressecados. Foi identificado guano de morcegos de dieta frugívora, insetívora, nectarívora, carnívora e hematófaga, geralmente representados por pontos esparsos, sem grandes acúmulos. O guano de morcegos é um importante recurso trófico para a fauna cavernícola da área, embora sua disponibilidade possa variar com a alternância de uso de abrigos pelos morcegos da região.



Foto 3.89 e 3.90 - Guano de morcegos indeterminados com fauna associada (*Camponotus* sp.) na Caverna 039 (esquerda); guano de morcegos hematófagos na Caverna 110 (direita)

Em 30% das cavidades foram observadas carcaças de animais vertebrados ou invertebrados. Animais mortos também são fontes ocasionais de alimento para organismos no meio cavernícola. Bolotas de regurgitação de corujas foram observadas apenas na Caverna Boca Soberba, em sua zona de entrada (Fotos 3.91 e 3.92). Também podem servir como fonte de alimento para organismos que vivem nesses ambientes.



Foto 3.91 e 3.92 - Bolota de regurgitação de coruja observada na zona de entrada da Caverna Boca Soberba. À esquerda bolota fechada, à direita bolota aberta com presença de ossos

Outros substratos orgânicos não listados na Instrução Normativa (IN) nº 2 de 20/08/09 foram observados nas cavidades estudadas, com baixa frequência, como cogumelos (Foto 3.93), os quais podem servir de alimento para a fauna subterrânea.



Foto 3.93 - Fungos (cogumelos) observados na Caverna 039 com duas baratas associadas (setas)

Considerando a ocorrência de fauna junto aos substratos orgânicos detectados, geralmente são encontrados junto a raízes ninfas de homópteros Cixiidae (Foto 3.94) e opiliões Escadabiidae (*Spaeleoleptes* sp.n.1). Organismos encontrados em guano compreenderam dípteros Drosophilidae, Phoridae, Sphaeroceridae, Cecidomyiidae, Psychodidae Trychomyiinae e Phlebotominae, micro-lepidópteros Tineidae, lepidópteros Geometridae jovens, Pyraloidea sp.1, Gelechioidea sp.1 e sp.4, Noctuoidea sp.3 e sp.4, aranhas Ctenidae jovens, Salticidae jovens, Sicariidae jovens e Pholcidae Mesabolivar sp.1, heterópteros Reduviidae jovens, quilópodos *Macronicophilus* sp.1, colêmbolos Entomobryidae sp.1, formigas *Pheidole* sp.1, baratas Blaberidae, Polyphagidae e Blattelidae, ácaros Ixodida *Ornithodoros* sp. e Acari sp.2, larvas em geral (Foto 3.95), além de outros organismos atraídos pela presença de recurso trófico.



Foto 3.94 - Ninfas de homóptero Cixiidae em raiz e formigas *Brachymyrmex* sp.1 em fezes indeterminadas na Caverna 059



Foto 3.95 - Larva de coleóptera Lampyridae em guano de morcego insetívoro na Caverna Tocaia de Paca

3.2.3.2.2 - Considerações sobre a fauna inventariada

Foram registradas ao menos 266 espécies no inventário do estudo. A ocorrência de táxons está disposta no Anexo 05. Alguns grupos foram melhor refinados quanto à sua identificação, como os opiliões (Prof. Dr. Adriano Kury, Museu Nacional), pseudoescorpiões (Dra. Renata Andrade) e escorpiões (Dr. A. P. L. Giupponi, Museu Nacional). A fauna inventariada mostrou-se diversificada e compreende organismos pertencentes a distintos grupos. Grande parte da fauna é composta por organismos que se inserem em grupos esperados em meios subterrâneos, quando considerados grupos taxonômicos mais abrangentes (ordem, família e mesmo gênero). A comunidade cavernícola estudada apresenta peculiaridades regionais, tendo em vista a especificidade de comunidades epígeas da região, que fornecem os elementos que colonizam o ambiente subterrâneo.

A ausência de especialistas é um fato recorrente no estudo de comunidades cavernícolas, atestado em trabalhos científicos com listas de táxons registrados no meio subterrâneo, contendo na sua maioria identificações generalizadas (níveis taxonômicos supraespecíficos). Aliado a isso, muitos táxons são pouco estudados e pertencentes a grupos com carência de revisões taxonômicas.

Muitos organismos coletados neste estudo não são cavernícolas, devido à falta de relações ecológicas bem definidas com o meio hipógeo, correspondendo a epígeos encontrados em região de ecótono, que ocorrem ocasionalmente nas cavidades como extensão do seu habitat. Entretanto, sua ocorrência nas cavidades é importante nas interações ecológicas com os cavernícolas. O limite entre o meio superficial e subterrâneo não é abrupto: considerando zonas iluminadas e próximas à entrada, existe uma zona de transição entre os ambientes, onde coexistem organismos epígeos (acidentais) e hipógeos; esses últimos seriam representados especialmente por troglófilos e troglógenos, já que é mais provável encontrar troglóbios em regiões mais estáveis devido às especializações adquiridas durante seu isolamento no meio subterrâneo.

Entretanto, não é possível afirmar que todos os organismos encontrados em regiões afóticas, mais isoladas, especialmente de cavidades ferruginosas, são cavernícolas, dado à superficialidade dessas cavidades, pela pequena extensão e presença de canalículos, aumentando a probabilidade de ocorrência de organismos acidentais, mesmo em regiões mais afastadas.

Geralmente, categorizações ecológico-evolutivas são feitas após estudos populacionais específicos de longo prazo. Entretanto, a partir das observações em campo, pode-se inferir que alguns dos organismos inventariados sejam cavernícolas, pela sua frequência de ocorrência, distribuição espacial nas cavidades e observações em campo, além do conhecimento prévio sobre o táxon no meio subterrâneo de outras regiões no país, a partir de literatura.

Dentre os macroinvertebrados, os mais comuns foram ninfas de heterópteros Reduviinae (Reduviidae), observadas em 23 cavidades (85%). Essas ninfas são encontradas com mais frequência nas regiões de entrada das cavidades, sendo que os adultos (não observados neste estudo) costumam abrigar-se mais profundamente no meio subterrâneo. Também foram frequentes aranhas da família Sicariidae (*Loxosceles* sp. - Foto 3.96), registradas em 21 cavidades (78%), ocupando diferentes profundidades das cavidades. Grilos (onívoros) pertencentes à família Phalangopsidae também foram muito comuns no inventário, representados por duas morfoespécies (Fotos 3.97 e 3.98): *Endecous* sp., com indivíduos encontrados nas regiões mais distantes da entrada das cavidades, em zona afótica e penumbra, inventariado em 13 cavidades (48%), e *Eidmanacris* sp., cujos indivíduos utilizam a zona de entrada das cavidades, observado em 17 cavidades (63%).



Foto 3.96 - Aranha *Loxosceles* sp., encontrada na Caverna 039



Fotos 3.97 e 3.98 - Grilos Phalangopsidae: *Endecous* sp. (Caverna 039 - esquerda);
Eidmanacris sp. (Caverna 053 - direita)

Considerando Acari, foi um grupo bem diversificado, com 29 morfoespécies distribuídas em 23 cavidades.

Dentre as aranhas, além de *Loxosceles* sp., citada anteriormente, pode-se citar a ocorrência das seguintes famílias: Ctenidae (maioria jovens), registradas em 17 cavidades, com duas diferentes espécies identificadas no estudo (Foto 3.99); Dipluridae (maioria jovens), representada pelas espécies *Trechona venosa* (Foto 3.100) e *Linothele* sp., registradas em 6 cavidades; Ochyroceratidae, família bem frequente, com exemplares registrados em 13 cavidades, sendo mais comuns as espécies *Ochyrocera* sp.1, observada em oito cavidades; Oonopidae, observada em cinco cavidades, representada por duas morfoespécies; Pholcidae com três espécies registradas em 21 cavidades, sendo *Mesabolivar* sp.1 (Foto 3.101) a mais frequente, registrada em 16 cavidades; Salticidae, registrada em 10 cavidades com duas morfoespécies; Theridiidae, observada em 14 cavidades, representada por 8 espécies, sendo frequentes *Achaeearaneae* sp.1 encontrada em seis cavidades. Também foram observados exemplares das famílias Araneidae (três cavidades), Theridiosomatidae e Nemesiidae (três cavidades); Corinnidae, Mysmenidae, Palpimanidae e Uloboridae (*Uloborus* sp.1), registradas em duas cavidades cada, e Barychelidae, Linyphiidae, Lycosidae e Theraphosidae, encontradas em apenas uma cavidade cada.



Foto 3.99 - Aranha *Isoctenus* sp. (Ctenidae) na Caverna 059



Foto 3.100 - Aranha *Trechona venosus* (Dipluridae) jovem na Caverna 053

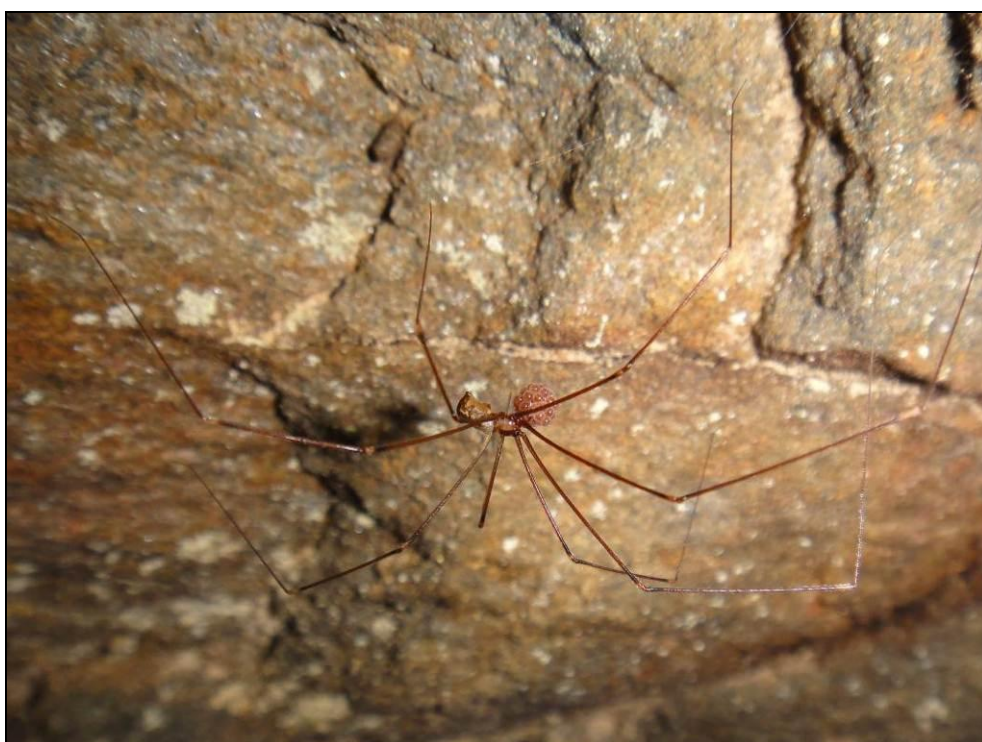


Foto 3.101 - Araneae Pholcidae (*Mesabolivar* sp.1) com ooteca na Caverna 039

Dentre os opiliões, os mais comuns foram *Jussara marmorata* (Sclerosomatidae) e *Spaeleolepts* sp.n.1 (Escadabiidae), encontrados em quatro e três cavidades, respectivamente. Escadabiidae são pequenos opiliões troglófilos comuns em regiões afóticas. Também foram observados exemplares de *Eusarcus cavernicola* (Foto 3.102), *Encheiridium* sp.1 (Gonyleptidae), e *Metavononoides barbacenensis* (Cosmetidae).

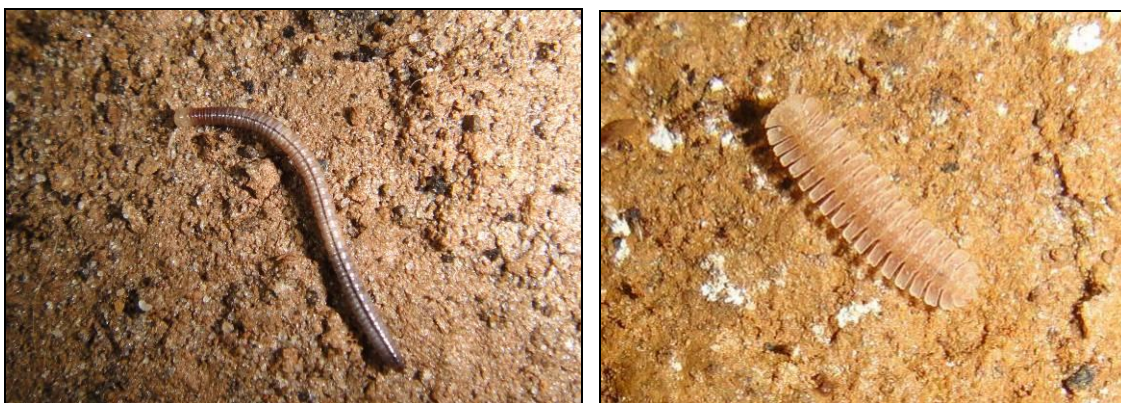


Foto 3.102 - Opilião *Eusarcus cavernicola* (Gonyleptidae), no piso da Caverna Boca Soberba

Considerando pseudoescorpiões, foram registradas três espécies, com destaque para *Spelaeochernes* sp.1 (Chernetidae), com maior frequência de ocorrência, registrados em 17 cavidades; o gênero engloba cavernícolas comuns em diferentes regiões do país (Mahnert, 2001). Também foram registrados exemplares das famílias Chthoniidae (duas cavidades) e Tridenchthoniidae (uma cavidade).

Exemplares de Palpigradi (*Eukoenia* sp.) foram registrados em apenas uma cavidade e escorpiões foram observados em uma cavidade, segundo especialista (Dr. A. P. L. Giupponi) representado por uma espécie nova.

Dos miriápodos, os mais frequentes correspondem a diplópodos, representados por *Pseudonannolene* sp. (oito cavidades - Foto 3.103), Pyrgodesmidae sp. (três cavidades - Foto 3.104) e Chelodesmidae (uma cavidade). Também foram inventariados quilópodos *Macronichopilus* sp.1 (quatro cavidades), *Dinocryptops* sp.1 (uma cavidade) e Scutigermorpha, representados apenas por exemplares jovens, em quatro cavidades.



Fotos 3.103 e 3.104 - Diplopoda *Pseudonannolene* sp. (esquerda) e Pyrgodesmidae sp. na Caverna Tocaia de Paca (direita)

Considerando os insetos, colêmbolos foram comuns, sendo os mais frequentes Paronellidae sp.1 (14 cavidades) e Entomobryiidae sp.1 (oito cavidades). As famílias citadas foram representadas no presente estudo por mais duas morfoespécies cada. Também foram encontrados representantes da família Tomoceridae, em apenas uma cavidade. Dipluros Campodeidae sp.1 foram registrados em apenas duas cavidades, sendo este o único representante do grupo. O mesmo ocorre com thysanuros Ateluridae sp.1, os quais foram representantes únicos do grupo, com ocorrência em quatro cavidades. Baratas foram comuns e registradas principalmente a partir de jovens em 13 cavidades. Entre os adultos, os mais comuns foram Blattellidae (Foto 3.105), registradas em 10 cavidades, além da ocorrência de Polyphagidae em duas cavidades e Blaberidae em duas cavidades.



Foto 3.105 - Barata Blattellidae adulta

Coleoptera foi um grupo diversificado no inventário, com 24 morfoespécies distribuídas em 23 cavidades, podendo destacar-se a família Staphylinidae, com 11 morfoespécies identificadas, a maioria pertencente à subfamília Pselaphinae; pouco frequentes, muitos coleópteros correspondem a epígeos encontrados ocasionalmente nas cavidades. Em Diptera, destacam-se Drosophilidae (Foto 3.106), com quatro morfoespécies distribuídas em 18 cavidades, mosquitos palha (Psychodidae, Phlebotominae), registrados em 15 cavidades, Psychodidae Trichomyiinae, representado em 12 cavidades, e larvas de Keroplatidae, em 11 cavidades. Também foram registrados exemplares das famílias Calliphoridae, Cecidomyiidae, Ceratopogonidae, Chironomidae, Chaoboridae, Chloropidae, Culicidae, Sciaridae, Sphaeroceridae, Tipulidae e Limonidae, dentre outros.



Foto 3.106 - Díptera Drosophilidae sp.1 na Caverna 045

Entre os hemípteros, além dos Reduviinae citados anteriormente, destacam-se Cixiidae (ninfas em cinco cavidades e adultos de Cixiidae sp.1 em cinco cavidades, com ocorrência total em sete cavidades); Também foram observados exemplares de Emesinae (quatro cavidades); Triatominae (duas cavidades - Foto 3.107), Cicadellidae (duas cavidades); Velidae e Derbidae (uma cavidade cada).



Foto 3.107 - Heteroptera Triatominae sp.1 na Caverna 039

Hymenoptera foram um grupo diversificado, representado principalmente pelas formigas, sendo as espécies mais comuns *Solenopsis* sp.1 (Foto 3.108), *Linepithema* sp.1 e *Camponotus* sp.1 (17, 12 e 11 cavidades, respectivamente). Além dessas, mais 14 espécies foram registradas nas cavidades. Outros himenópteros foram observados nas cavidades, entre eles pode-se citar vespas Vespidae sp.1 (Foto 3.109) e abelhas *Apis mellifera*, as quais impediram a coleta em algumas cavidades na campanha úmida. Com muita frequência (21 cavidades) foram observados ninhos de vespa abandonados, feitos com sedimento fino nas paredes das cavidades, podendo ocorrer em grandes concentrações (Foto 3.110). Em nenhuma ocasião, durante o estudo, foram observados exemplares ocupando os referido ninhos. Cupins *Nasutitermes* sp.1 foram frequentes e inventariados em 13 cavidades, sendo que em algumas ocasiões foram registrados cupinzeiros (Fotos 3.111 e 3.112). Outras espécies de cupins foram observadas com menor frequência, como *Cortaritermes silvestrii* (seis cavidades), *Coptotermes* sp.1 (três cavidades), *Diversitermes* sp.1 (duas cavidades) e *Subulitermes* sp.1 (uma cavidade).



Foto 3.108 - Aglomerado de formigas *Solenopsis* sp.1 na Caverna 110



Foto 3.109 - Cacho de Vespa sp.1 na entrada da Caverna 090



Foto 3.110 - Ninhos abandonados de vespa nas paredes da Caverna 072



Foto 3.111 e 3.112 - Cupinzeiro na Caverna 050 (esquerda) e cupins na Caverna 121 (direita)

Mariposas Noctuoidea foram comuns nas cavidades, sendo frequentes Noctuoidea sp.3, sp.1 e sp.4 (21, 15 e 15 cavidades, respectivamente - Foto 3.113 e 3.114). Tineoidea também foi um grupo frequente nas cavidades amostradas, representado principalmente por Noctuoidea sp.3 e sp.6, observados em 21 e 6 cavidades, respectivamente. Formas imaturas de neurópteros da família Myrmeleonthidae foram encontradas em região de entrada de 19 cavidades, enterradas no piso, onde moldam pequenos funis no sedimento seco para captura de formigas ou outros insetos, dos quais se alimentam. Psocópteros das famílias Ptiloneuridae e Lepidopsocidae foram frequentes, observados em 9 cavidades, sendo a maioria das ocorrências registradas a partir de exemplares jovens. Os adultos mais comuns foram *Nepticulomima* sp.2 e *Ptiloneura* sp.2, observados em seis e quatro cavidades, respectivamente.



Foto 3.113 e 3.114 - Lepidoptera Noctuoidea sp.1 na Caverna 053 (esquerda) e Noctuoidea sp.3 na Caverna 039 (direita)

Crustáceos foram pouco frequentes, com ocorrência em apenas duas cavidades, todas de isópodos Dubioniscidae sp. Apenas um exemplar de moluscos Gastropoda (Systrophiidae, *Happia* sp.) foi encontrado no presente estudo. Possivelmente a baixa frequência, tanto de crustáceos como de moluscos, deve-se à baixa umidade apresentada na maioria das cavidades estudadas.

Considerando os vertebrados não voadores, anfíbios foram os mais frequentes, com ocorrência em nove cavidades. Foram representados principalmente por *Leptodactylus labirinticus* (Foto 3.115) encontrados em quatro cavidades (o gênero foi observado em seis cavidades). Também foi observado um exemplar de *Barycholos ternetzi* (Foto 3.116) na Caverna 112 da família Brachycephalidae. Outros exemplares indeterminados devido à fuga foram avistados em mais três cavidades. Lagartos também não ocorreram com frequência, sendo observados em oito cavidades, dos quais apenas três foram identificados (Gekkonidae *Gymnodactylus darwini* (Foto 3.117); Leiosauridae *Enyalius* sp. e Tropicuridae *Tropidurus* sp.). Outros exemplares foram registrados, porém não foram identificados devido à fuga durante observações (Foto 3.118).



Foto 3.115 - Anuro *Leptodactylus labirinticus* encontrado na Caverna 124



Foto 3.116 - Anuro *Barycholos ternetzi* encontrado na Caverna 112



Foto 3.117 - Lagarto *Gymnodactylus darwinii* (Gekkonidae) na Caverna 090



Foto 3.118 - Lagarto em fuga observado na Caverna 052

Roedores foram registrados em apenas três cavidades, representados por *Rhipidomys* cf. *mastacalis*. Usam o meio subterrâneo para abrigo e reprodução; vestígios de ninhos de roedores foram registrados em cinco cavidades (Foto 3.119 e 3.120).



Fotos 3.119 e 3.120 - Roedor *Rhipidomys cf. mastacalis* na Caverna 050 (esquerda) e ninho de roedor na Caverna 039 (direita)

Aves foram observadas apenas na Caverna Boca Soberba, com a presença de uma coruja (*Tytonidae*) e seis psitacídeos (*Pionus* sp.) na entrada da cavidade. Também foram observadas bolotas de regurgitação de corujas na mesma cavidade em ambas as campanhas de campo, sugerindo a utilização da cavidade como residência permanente por esses animais. Ninhos abandonados de aves (Foto 3.121) foram observados em sete cavidades. Também foram observados vestígios, como penas (Fotos 3.122) e/ou pegadas (Foto 3.123) em algumas cavidades.



Foto 3.121 - Ninho de ave abandonado na entrada da Caverna 059



Foto 3.122 - Penas de aves no piso da Caverna 046

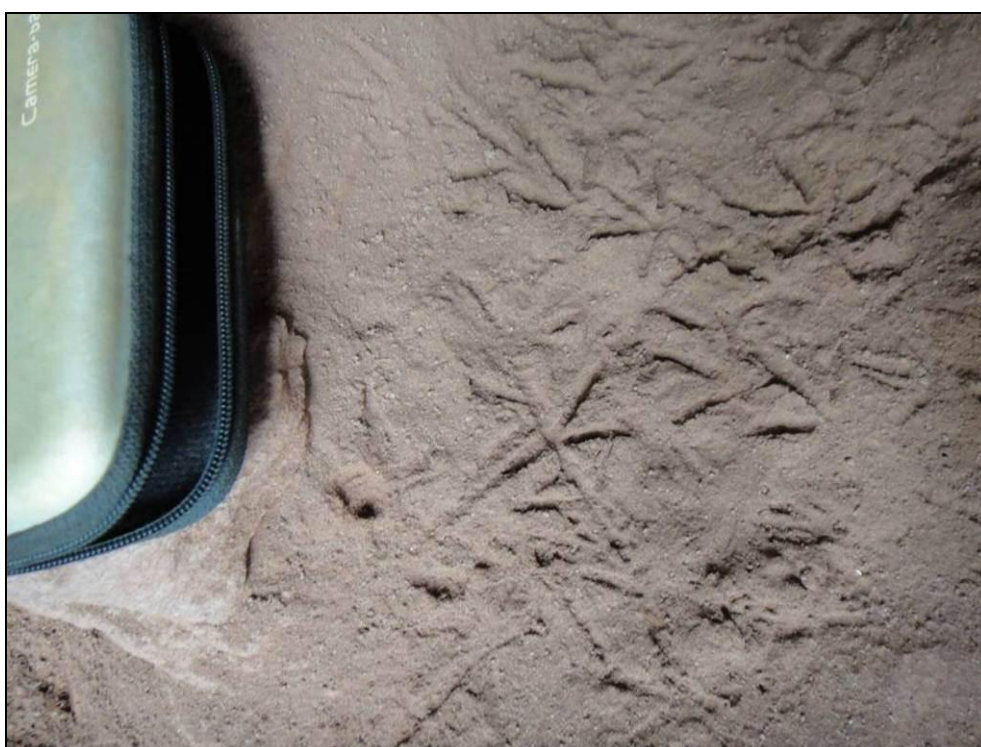


Foto 3.124 - Pegadas de aves no piso.

Dentre os vertebrados registrados, os mais frequentes correspondem a morcegos. Foram registradas pelo menos 8 espécies, sendo mais frequentes exemplares da subfamília Glossophaginae, (com *Anoura* sp. como único gênero identificado em campo, na Caverna 130) (Foto 3.125). São nectarívoros, observados em nove cavidades. Com menor frequência de registros foram observados *Pteropteryx* sp. (duas cavidades), *Furipterus horrens* (duas cavidades), *Mimon* sp. (duas cavidades - Foto 3.126), *Micronycteris* sp. (uma cavidade), todos de hábito alimentar insetívoro. *Diphylla ecaudata*, de dieta hematófaga foi observado em uma cavidade (Foto 3.127) e *Carollia* sp., de dieta frugívora, foi avistado em uma cavidade. O levantamento específico de quirópteros é apresentado no item 3.2.3.



Foto 5.125 - Morcegos Glossophaginae observados na Caverna 134



Foto 3.126 - Morcego *Mimon* sp. observado na Caverna 072

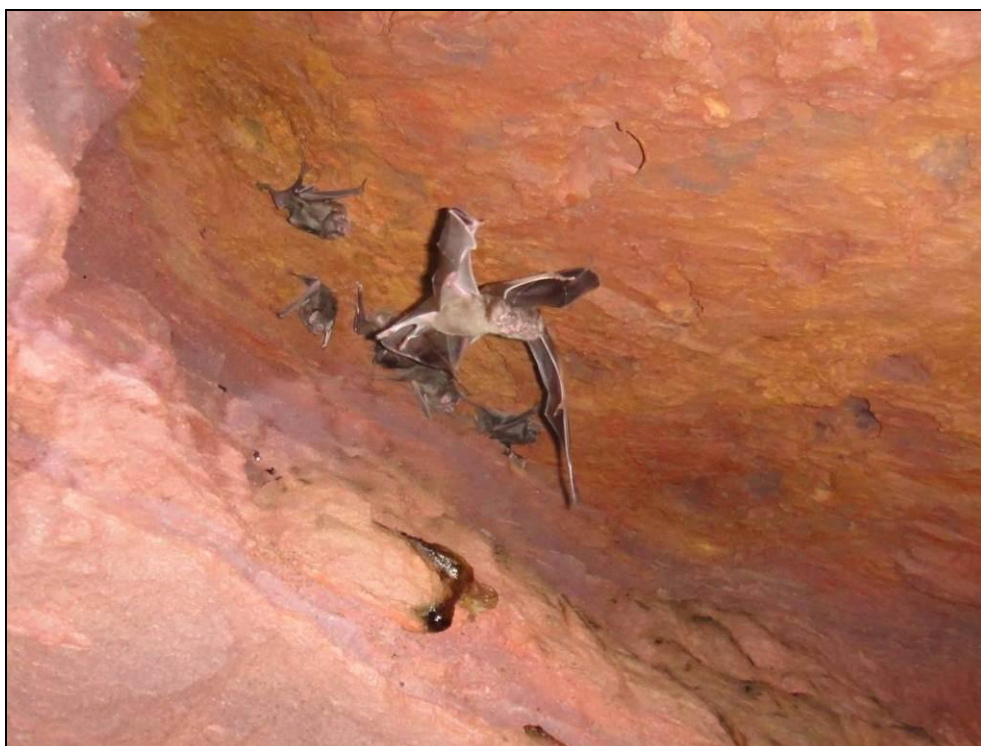


Foto 3.127 - Morcegos hematófagos (*Diphylla ecaudata*) em voo

Muitos dos táxons citados de invertebrados e vertebrados pertencem a grupos taxonômicos (família, gênero) com registro anterior em grutas de diversas regiões do país (PINTO-DA-ROCHA, 1995). Sua condição ecológica, se troglóxico ou troglófilo (principalmente considerando macroinvertebrados, como os grilos e aranhas), pode variar de acordo com a disponibilidade de alimento no interior das cavidades, lembrando que essa disponibilidade pode ser ocasional, ou mesmo imprevisível, como a deposição de fezes de morcegos e outros mamíferos.

Alguns exemplares coletados apresentam troglomorfismos, tais como redução de olhos e pigmento. Para relacionar reduções morfológicas a especializações subterrâneas é necessário conhecer a posição taxonômica das espécies cavernícolas, que não é disponível em muitos casos (GNASPINI & TRAJANO, 1994). Alguns organismos possuem reduções morfológicas comuns ou mesmo inerentes ao grupo taxonômico que os inclui, ocorrendo em parentes filogenéticos epígeos que geralmente ocupam locais com características similares no meio superficial, muitos deles edafobiontes. Ou seja, olhos e pigmentação reduzidos não são características adquiridas após isolamento no meio hipógeo, e não foram detectadas outras características morfológicas que indiquem restrição ao meio endêmico (como alongamento relativo de apêndices ou estruturas sensoriais). Dentre esses podem ser mencionados Palpigradi e Symphyla.

As morfoespécies troglomórficas (Quadro 3.10) com indicativo de restrição ao meio subterrâneo (potenciais troglóbios) foram: aranha Ochyroceratidae sp.1 (Foto 3.128), registrada apenas na Caverna 059, com exemplares coletados nas duas campanhas de campo; pseudoescorpião Chthonidae sp.1 (Foto 3.129), família comum em meio subterrâneo no país (MAHNERT, 2001), registrada nas Cavernas Boca Soberba e Tocaia de Paca, em campanhas alternadas; e duas morfoespécies de colêmbolos: Entomobryidae sp.2, encontrados na Caverna 008 durante campanha seca e nas Cavernas Boca Soberba e Tocaia de Paca na campanha úmida, e Paronellidae sp.3, encontrados apenas na Caverna 059 em ambas as campanhas de campo.



Foto 3.128 - Ochiroceratidae sp.1 da Caverna 059. Quadrado = 0,5 cm



Foto 3.129 - Chthonidae sp.1 da Caverna Boca Soberba. Quadrado = 0,5 cm

QUADRO 3.10 - Registros dos táxons troglomórficos nas cavidades do Projeto Vale do Rio Pardo

Táxons	Ocorrência no Período seco	Ocorrência no Período úmido
Ochyroceratidae sp.1	Caverna 059	Caverna 059
Chthonidae sp.1	Caverna Tocaia de Paca	Caverna Boca Soberba
Entomobryidae sp.2	Caverna 008	Caverna Tocaia de Paca e Boca Soberba
Paronellidae sp.3	Caverna 059	Caverna 059

3.2.3.2.3 - Análises

Riqueza

Foram inventariadas 266 espécies no presente estudo. A riqueza total obtida para cada cavidade, bem como a quantidade de organismos amostrados em ambas as campanhas, considerando cada cavidade, pode ser observada no quadro 3.11 e na Figura 3.39, que exibe o número total de táxons coletados para cada cavidade e afloramento e a quantidade de táxons comuns às duas campanhas de coleta.

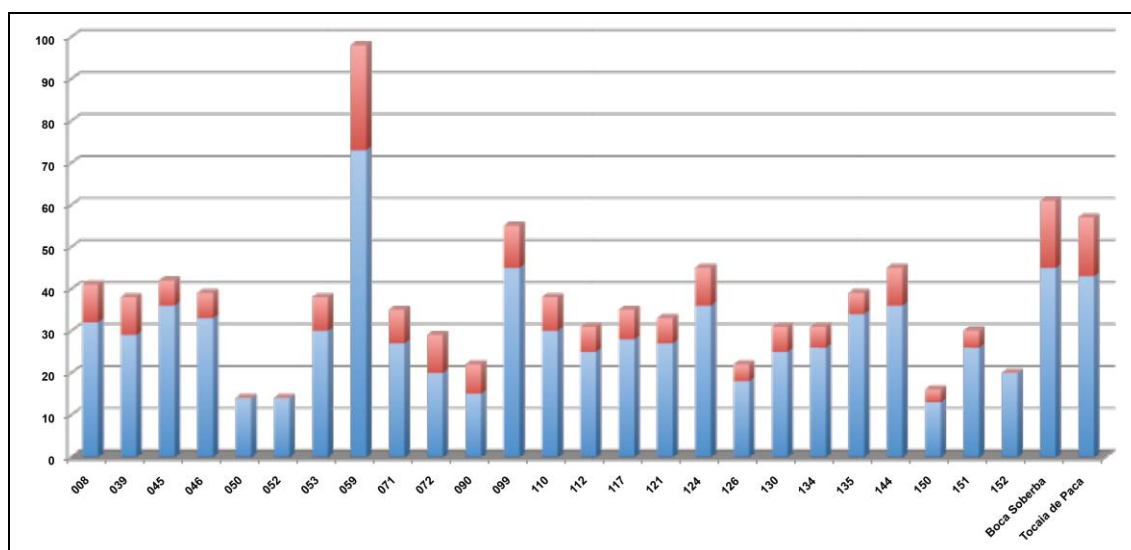
QUADRO 3.11 - Riqueza absoluta (S = período seco; U = período úmido; C = comuns às duas campanhas; T = total) e resultado da análise de abundância (% de espécies que apresentam abundância alta para o período seco = S e úmido = U) para as cavidades estudadas no Projeto Vale do Rio Pardo. As cores representam riqueza alta (vermelha), média (laranja) e baixa (amarela)

Cavidades	Riqueza				Abundância %	
	S	U	C	T	S	U
8	23	18	9	32	20	17
39	19	22	9	29	13	13
45	25	16	6	35	10	25
46	26	13	6	33	17	20
50	14	-	-	14	0	-
52	14	-	-	14	25	-
53	17	21	8	30	10	17
59	58	42	25	73	13	10
71	21	14	8	27	0	33
72	12	17	9	20	14	0
90	11	11	7	15	13	13
99	34	23	10	45	0	17
110	18	23	8	30	40	10
112	17	14	6	25	14	0
117	17	18	7	28	0	13
121	14	19	6	27	0	25

Continuação

Cavidades	Riqueza				Abundância %	
	S	U	C	T	S	U
124	25	21	9	36	0	13
126	8	14	4	18	67	33
130	13	18	6	25	0	14
134	14	18	5	26	0	14
135	23	19	5	34	25	13
144	27	22	9	36	17	14
150	8	9	3	13	33	50
151	14	19	4	26	25	17
152	20	-	-	20	50	-
Boca Soberba	28	34	16	45	8	10
Tocaia da paca	36	24	14	43	0	0

FIGURA 3.39 - Número de morfoespécies registrado para cada cavidade com indicação dos táxons recorrentes em ambos os inventários (vermelho)



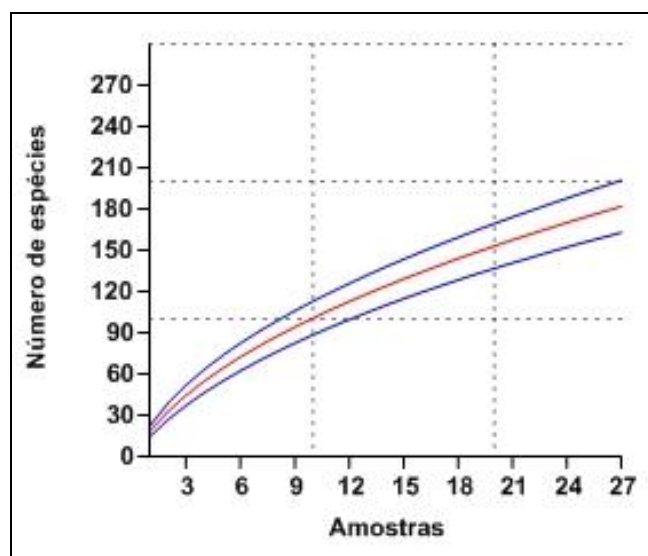
A riqueza média encontrada considerando ambas as campanhas foi de 30 ± 12 espécies. O resultado obtido vai de encontro com o valor esperado para cavidades ferruginosas com pequenas dimensões, como é o caso da maioria das cavidades estudadas, quando comparadas com valores observados em cavidades das mesmas proporções e mesma litologia. Não ocorreu diferença significativa comparando-se inventários efetuados em diferentes períodos sazonais, a média para a campanha seca foi de 19 ± 11 e para a campanha úmida de 18 ± 7 espécies. Já a proporção de táxons recorrentes (coletados em ambas as campanhas de campo em uma mesma cavidade) foi baixa (média de $26 \pm 17\%$). Tal resultado indica uma variação na composição faunística de cada cavidade, que pode estar relacionada com a ocorrência de organismos acidentais em regiões de ecótono.

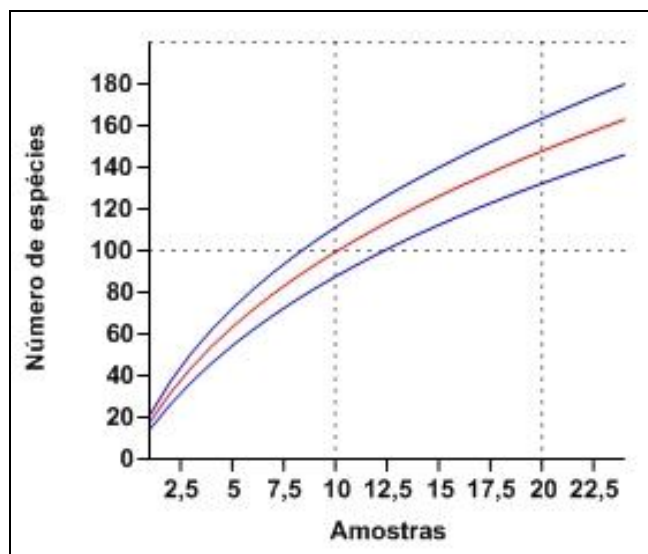
A cavidade com maior riqueza corresponde à Caverna 059, com 73 morfoespécies registradas. É a maior cavidade estudada na área do empreendimento, com extensão relativamente grande (74,88m de projeção horizontal) e uma gradação de diferentes intensidades luminosas e ausência de luz, e também grande variedade de micro habitats no seu interior, com diferentes tipos de recursos tróficos, incluindo guano de morcego, raízes, material vegetal, detrito, carcaça, além de poças, que representam um habitat adicional para a fauna. Destacam-se ainda as Cavernas 099, Boca Soberba e Tocaia de Paca, todas com presença de zona afótica em adição à entrada, com penumbra e ricas em recursos tróficos. Essas cavidades também apresentam uma proporção maior de táxons recorrentes em ambas as campanhas de campo.

Curva de acumulação de espécies coletadas

As curvas de acumulação de espécies coletadas considerando a totalidade de amostras (cavidades) podem ser observadas na Figura 3.40. Não foi observada uma tendência à estabilização das curvas geradas. As curvas indicam que cada cavidade contribui com uma composição de espécies pouco semelhante fazendo com que a curva seja ascendente, com pouca estabilização no final das amostras.

FIGURA 3.40 - Curva de acumulação de espécies considerando a totalidade das cavidades estudadas: período seco (acima, n=33); período úmido (abaixo, n=30)





Curvas de acumulação semelhantes têm sido observadas com frequência em cavidades ferruginosas encontradas em cangas. Um dos principais fatores a serem levados em consideração para a não estabilização dessas curvas é a ocorrência de uma grande variação na composição faunística de cada cavidade, que inclui também organismos acidentais encontrados principalmente em regiões próximas às entradas maiores e organismos subterrâneos encontrados principalmente nas micro e meso cavidades, que ocasionalmente são encontrados nas macrocavidades. A diversidade de acidentais potenciais é igual à diversidade total de organismos epígeos da região (TRAJANO & BICHUETTE, 2006), e isso deve ser levado em conta, especialmente nas cavidades estudadas. Dessa forma, é provável que mesmo metodologias distintas e coletas mais intensivas (inviáveis em meios hipógeos devido à peculiaridade desse tipo de ambiente, muitas vezes com populações endêmicas e suscetíveis) não contribuam para a estabilização da curva de espécies registradas.

Contribuindo ainda para a variabilidade na composição faunística está o fato de que cada cavidade possui características que podem variar sazonalmente ou não, como umidade e recursos tróficos. Por exemplo, o aporte de determinado recurso trófico, como guano, muitas vezes é imprevisível, e após sua deposição também ocorre uma variação temporal relacionada com sua exaustão, que pode acarretar colonização por diferentes organismos com o passar do tempo.

Similaridade

Os dendrogramas de similaridade entre as cavidades nas duas campanhas de campo são exibidas na Figura 3.41 (seco) e Figura 3.42 (úmido).

FIGURA 3.41 - Dendrograma da análise de similaridade da fauna das 27 cavidades estudadas no período seco (índice de similaridade de Jaccard; coeficiente de correlação = 0,7188)

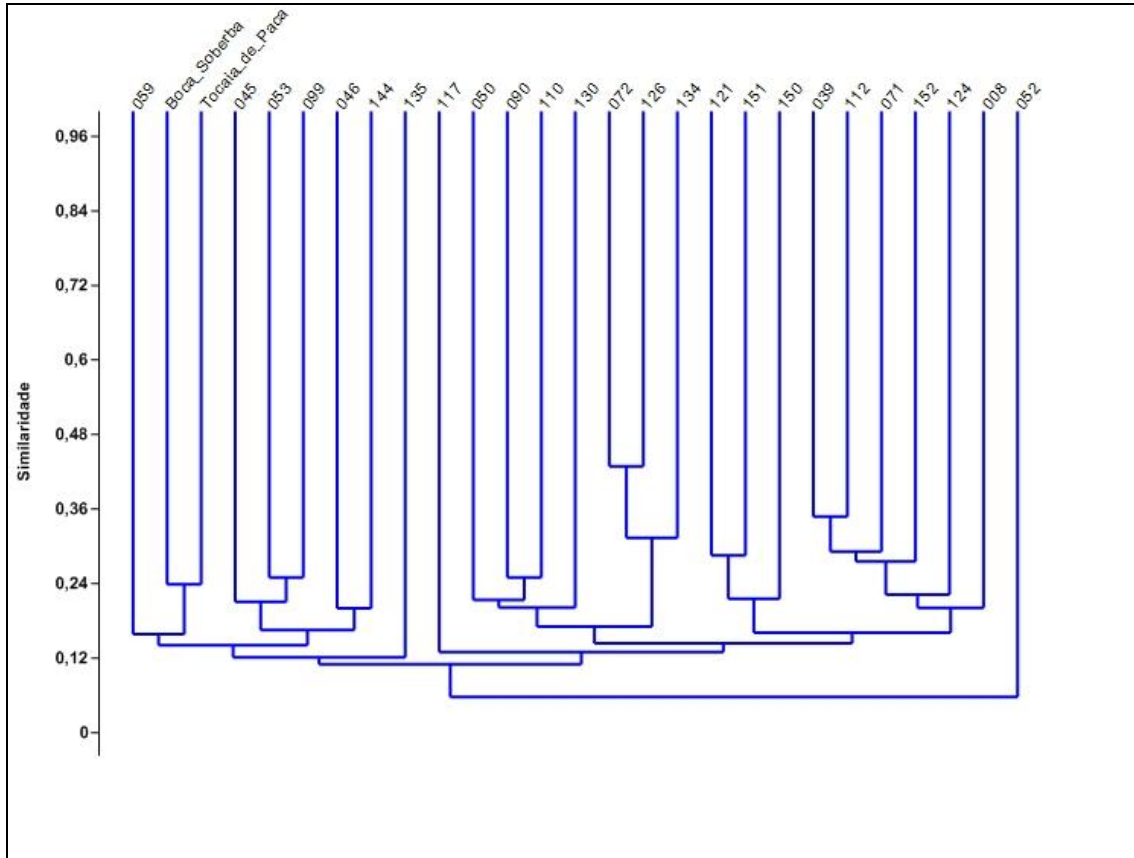
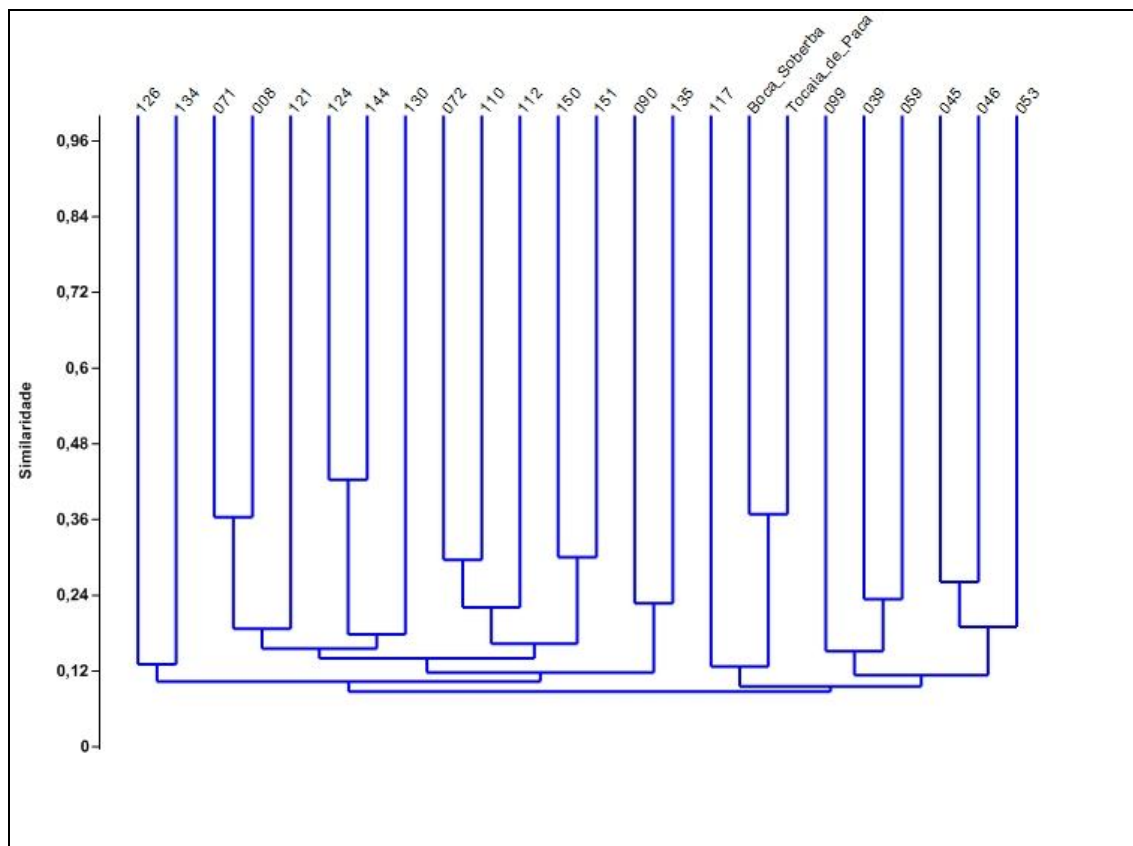


FIGURA 3.42 - Dendrograma da análise de similaridade da fauna das 27 cavidades estudadas no período úmido (índice de similaridade de Jaccard; coeficiente de correlação = 0,7459)



A análise exploratória de similaridade da fauna das 27 cavidades estudadas, utilizando presença/ausência de táxons morfotipados resultou em um índice baixo de similaridade (coeficiente de correlação = 0,7188 para a campanha seca e 0,7459 para a campanha úmida), sendo que todas as cavidades apresentaram valores inferiores a 0,5 (em geral, consideram-se valores elevados aqueles iguais ou superiores a 70% de similaridade - 0,7). Possivelmente os baixos valores são devidos às espécies acidentais, com poucos registros. Também se pode observar que cavidades geograficamente mais próximas não apresentaram maior similaridade quando comparadas com outras mais distantes (exceção das Cavernas Boca Soberba e Tocaia de Paca, com relativa similaridade na comunidade biótica em ambas as campanhas de campo). Os valores de similaridade foram semelhantes (variando entre 0,06 e 0,42), porém os conjuntos de cavidades com comunidades mais similares foram distintos para as diferentes campanhas de campo, mostrando a ausência de padronização mesmo para cada unidade amostral (cavidade).

Abundância

A abundância absoluta e relativa para organismos maiores de 1 cm e de identificação mais precisa em campo estão indicados nos quadros de táxons para cada cavidade (Anexo 05). Os resultados (Quadro 3.11) indicaram os seguintes locais com mais de 30% de espécies com abundância relativa alta: Caverna 071, Caverna 110, Caverna 126, Caverna 150 e Caverna 152. Entretanto, devem ser levados em conta problemas intrínsecos ao método, quando poucos indivíduos de poucas morfoespécies são amostrados; em muitos casos a abundância relativa torna-se alta quando, por exemplo, são inventariados três exemplares, cada um pertencente a uma espécie distinta (100% de espécies com abundância relativa maior que 0,30). Dessa forma, com quantidades pequenas são gerados resultados sem significado biológico.

Tendo em vista que as cavidades inventariadas apresentam pequeno número de espécies com tamanho corporal maior ou igual a 1 cm, torna-se impreciso o método para indicar cavidades com populações abundantes. Pode ser observado que cavidades com maiores números de espécies apresentam proporções melhor distribuídas de abundância relativa.

3.2.3.2.4 - Considerações finais

Considerando todas as cavidades inventariadas, não foram encontradas espécies constantes de lista oficial de espécies brasileiras ameaçadas de extinção (MMA, 2008).

Como troglóbios raros foram considerados os táxons troglomórficos registrados até o momento apenas na área de estudo e com baixa frequência de registro. Dessa forma, as seguintes cavidades são citadas para esse aspecto: Caverna 008 (Entomobryidae sp.2), Caverna 059 (Ochyroceratidae sp.1 e Paronellidae sp.3), Caverna Boca Soberba e Caverna Tocaia de Paca (Entomobryidae sp.2 e Chthonidae sp.1).

Até o momento táxons novos confirmados por especialistas, a partir de estudos comparativos e em andamento, incluem opilião *Spaeleoleptes* sp.n.1 (Escadabiidae), pelo Prof. Dr. Adriano Kury (local de depósito: Museu Nacional, UFRJ), com ocorrência nas Cavernas 039, 059 e Tocaia de Paca, e escorpiões *Ananteris* sp.n.2 (Buthidae), pelo Dr. A. P. L. Giupponi (local de depósito: Museu Nacional, UFRJ), com ocorrência para a Caverna Boca Soberba.

3.2.3 - Quirópteros

3.2.3.1 - Procedimentos Metodológicos

Dados Secundários

Os dados secundários foram obtidos por meio de literatura científica, focando a região onde se realizaram os estudos. Esses dados, reunidos desde os preparativos para trabalhos de campo deste estudo, utilizaram ferramentas como o portal CAPES, a internet e acervo pessoal de artigos dos pesquisadores.

Dados Primários

As capturas ocorreram entre os dias 20 de agosto e 01 de setembro de 2011 para a campanha da estação seca e entre os dias 08 e 15 de dezembro para a estação chuvosa.

As capturas foram realizadas utilizando-se métodos adaptados da literatura existente e executadas com a autorização e de acordo com as exigências da licença de coleta nº 02001.006641/2010-73.

Captura

Para as coletas em cavernas foram utilizados puçás adaptados para o uso com morcegos, confeccionados com material mais resistente e afixados em cabos de madeira (Foto 3.130).

As cavidades, sempre que detectada a presença de morcegos, tiveram, quando possível, sua entrada bloqueada por redes de neblina (Foto 3.131). Foram então em um primeiro momento exploradas o máximo possível por um único técnico, visando encontrar indivíduos pousados nos “poleiros”. Dessa exploração obtinha-se a estimativa do número de espécies presente na caverna e a quantidade aproximada de indivíduos. Procedia-se então para a captura ativa, onde um técnico e um auxiliar capturavam os morcegos com o auxílio dos puçás ou tentavam espantar os morcegos já volantes em direção às redes de neblina armadas. As tentativas de captura se prolongavam ao menos até que todas as espécies observadas fossem capturadas ao menos uma vez, para que se pudesse fazer a identificação apurada da espécie.



Foto 3.130 - Puçá utilizado nas coletas de morcego (à esq.). Complexo minerário.



Foto 3.131 - Entrada de cavidade bloqueada com uma rede de neblina. Complexo minerário.

Visando complementar os dados obtidos, realizou-se em alguns pontos coletas noturnas próximo às cavidades. Para essas coletas foram utilizadas dez redes de neblina de náilon (*mist nets*), malha de 20 mm, medindo 12 metros de comprimento por 2,5 metros de largura, armadas entre 0,5 e 2,5 metros acima do solo. Essas coletas só foram possíveis em algumas cavidades e afloramentos, devido ao relevo acidentado. Em determinadas áreas, o mesmo ponto de coleta foi utilizado para avaliar mais de uma cavidade, dada a proximidade entre elas. O esforço de captura foi calculado utilizando o método descrito por STRAUBE & BIANCONI (2002) (número de dias x horas x área das redes somadas em m²). Os dados obtidos foram analisados separadamente.

Os animais coletados serão depositados na coleção de mamíferos da Universidade Federal de Lavras.

Morfometria

Os indivíduos capturados foram identificados *in loco*, tiveram seus antebraços medidos e foram pesados. Cada animal foi pesado com auxílio de dinamômetros PESOLA[®] de 100 g ou 300 g de capacidade. As medidas do antebraço foram aferidas, com auxílio de um paquímetro de metal marca MARBERG[®]. As medidas complementares, orelha, *tragus*, pé e cauda (quando aplicável) foram aferidas somente para os indivíduos coletados.

Identificação

Os indivíduos capturados foram identificados até o menor nível taxonômico possível com ajuda de bibliografia especializada (VIZZOTO & TADDEI, 1973; LIM & ENGSTROM, 2001; GARDNER, 2007). Indivíduos cuja identificação da espécie não foi possível em campo foram coletados para análise posterior.

Marcação

Os indivíduos libertos receberam uma marcação com código de cores instalada no pescoço, na forma de colares, antes de serem liberados. Essa marcação consistiu em lacres do tipo *Tie Pin* utilizados na fixação de etiquetas em roupas, com revestimento emborrachado (utilizado na cobertura de fios elétricos) de cores diferentes, relacionadas a algarismos romanos, onde: Azul = I; Vermelho = V; Verde = X; Preto = L e Branco = C. Dessa forma, se compôs a numeração de anilha. Para leitura da fita, deve-se colocar o lacre à esquerda e então decifrar os anéis coloridos da esquerda para a direita. Por exemplo, a sequência de cores Preto, Verde, Verde, Vermelho, Azul, Azul, Azul, representa o algarismo romano LXXVIII e, portanto, o número 78 (Fotos 3.132 e 3.133).

Para a campanha chuvosa utilizou-se anilhas metálicas Band & Tag com numeração gravada no lugar do revestimento colorido.

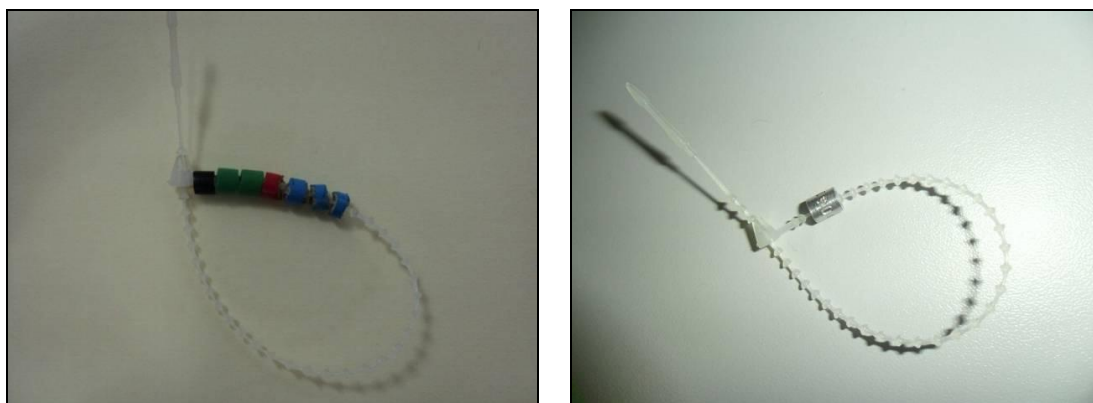


Foto 3.132 e 3.133 - Colar de marcação utilizado na primeira campanha (à esq.) e na segunda (à dir.)

Análise dos dados

Para análise dos dados obtidos foi determinada a curva de coletor de espécies segundo o método Mao Tau (COLWELL *et al.*, 2004). Para estimar a riqueza de espécies foi utilizado o método JackKnife I (SANTOS, 2003), que analisa dados de presença e ausência das espécies dentro das amostras. Tanto para a curva de coletor quanto para a estimativa de riqueza de espécie, a “noite de coleta” foi utilizada como unidade amostral.

Foram utilizados os seguintes índices para as análises dos dados:

Diversidade de Shannon-Wiener (MAGURRAN, 2004), dado pela fórmula:

$$H' = - \sum_{i=1}^R p_i \ln p_i$$

p_i = número de animais da espécie i contido nas amostragens de um dado local;

Equitatividade de Pielou (PIELOU, 1966) que é derivado do índice de Shannon-Wiener, e definido como:

$$J' = \frac{H'}{\log S}$$

Onde:

H' = Índice de Diversidade Shannon

S = número de espécies observadas

Dominância de Simpson (SIMPSON, 1949):

$$\lambda = \sum_{i=1}^S p_i^2$$

p_i = número de animais da espécie i contido nas amostragens de um dado local.

E para o cálculo da similaridade utilizou-se o método de Bray-Curtis (MAGURRAN, 2004):

$$BC_{(x1,x2)} = \frac{\sum_{j=1}^p |y_{1j} - y_{2j}|}{\sum_{j=1}^p (y_{1j} + y_{2j})}$$

Onde:

Y1j = abundância da espécie j no local x1

Y2j = abundância da espécie j no local x2

Foram construídas matrizes de similaridade de acordo com a metodologia de VALENTIN & FERNANDEZ (1995). Estas foram então utilizadas para a geração de dendrogramas, empregando-se como método de ligação a associação média não balanceada (UPGMA).

Os resultados são apresentados a seguir.

3.2.3.2 - Resultados

3.2.3.2.1 - Dados secundários

Os dados secundários foram obtidos através da literatura específica para a região onde se realizaram os estudos. Apesar da região norte de Minas Gerais ser ainda deficiente de estudos sobre a fauna de morcegos, o artigo de TAVARES *et al.* (2010) fornece um grande volume de informações sobre as espécies que ocorrem no estado sua distribuição regional. Além disso, foi consultado GARDNER (2007) para maior embasamento das listagens de espécies do Brasil e suas áreas de ocorrência. O Quadro 3.12 apresenta a listagem secundária de ocorrência de Chiroptera na área do complexo minerário.

QUADRO 3.12 - Lista de dados secundários para o norte de Minas Gerais (TAVARES *et al.*, 2010)

Táxon	Nome Popular	Fonte	Registrado na Região	Status IUCN	MMA 2003	COPAM MG (2010)
Emballonuridae						
<i>Peropteryx kappleri</i> Peters, 1867	Morcego	T; G; R	Sim	LC		
<i>Peropteryx macrotis</i> (Wagner, 1843)	Morcego	T; G; R	Sim	LC		
<i>Rhynchonycteris naso</i> (Wied-Neuwied, 1820)	Morcego	T; G; R	Sim	LC		
<i>Saccopteryx bilineata</i> (Temminck, 1838)	Morcego	T; G; R	Não	LC		
Noctilionidae						
<i>Noctilio albiventris</i> Desmarest, 1818	Morcego-Pescador	T; G; R	Sim	LC		
<i>Noctilio leporinus</i> (Linnaeus, 1758)	Morcego-Pescador	T; G; R	Não	LC		
Phyllostomidae						
Desmodontinae						
<i>Desmodus rotundus</i> (É. Geoffroy, 1810)	Morcego-Vampiro	T; G; R	Sim	LC		
<i>Diaemus youngi</i> (Jentink, 1893)	Morcego-Vampiro	T; G; R	Não	LC		VU
<i>Diphylla ecaudata</i> Spix, 1823	Morcego-Vampiro	T; G; R	Sim	LC		
Glossophaginae						
<i>Anoura caudifer</i> Gray, 1838	Morcego-Beija-Flor	T; G; R	Sim	LC		
<i>Anoura geoffroyi</i> (É. Geoffroy, 1818)	Morcego-Beija-Flor	T; G; R	Sim	LC		
<i>Choeroniscus minor</i> (Peters, 1868)	Morcego-Beija-Flor	T; G; R	Não	LC		EN
<i>Glossophaga soricina</i> (Pallas, 1766)	Morcego-Beija-Flor	T; G; R	Sim	LC		
<i>Lionycteris spurrelli</i> Thomas, 1913	Morcego-Beija-Flor	T; G; R	Sim	LC		EN
<i>Lonchophylla bokermanni</i> Sazima, Vizotto & Taddei 1979	Morcego-Beija-Flor	T; G; R	Não	DD	VU	EN
<i>Lonchophylla dekeyseri</i> Taddei <i>et al.</i> , 1983	Morcego-Beija-Flor	G; R	Não	NT	VU	EN
<i>Lonchophylla mordax</i> Thomas, 1903	Morcego-Beija-Flor	G; R	Não	LC		

Continuação

Táxon	Nome Popular	Fonte	Registrado na Região	Status IUCN	MMA 2003	COPAM MG (2010)
Phyllostominae						
<i>Chrotopterus auritus</i> (Peters, 1856)	Morcego	T; G; R	Sim	LC		
<i>Glyphonycteris behnii</i> (Peters, 1865)	Morcego	T; G; R	Não	DD		VU
<i>Glyphonycteris sylvestris</i> Thomas, 1897	Morcego	T; G; R	Não	LC		VU
<i>Lonchorhina aurita</i> Tomes, 1864	Morcego	T; G; R	Não	LC		
<i>Lophostoma brasiliense</i> Peters, 1866	Morcego	T; G; R	Sim	LC		
<i>Macrophyllum macrophyllum</i> (Schinz, 1821)	Morcego	T; G; R	Não	LC		
<i>Micronycteris megalotis</i> (Gray, 1842)	Morcego	T; G; R	Não	LC		
<i>Micronycteris minuta</i> (Gervais, 1856)	Morcego	T; G; R	Sim	LC		
<i>Micronycteris sanborni</i> Simmons 1996	Morcego	R	Não	DD		
<i>Micronycteris schmidtorum</i> Sanborn, 1936	Morcego	T; G; R	Não	LC		
<i>Mimon bennettii</i> (Gray, 1838)	Morcego	T; G; R	Sim	LC		
<i>Mimon crenulatum</i> (É. Geoffroy, 1803)	Morcego	T; G; R	Sim	LC		
<i>Phylloderma stenops</i> Peters, 1865	Morcego	T; G; R	Sim	LC		EN
<i>Phyllostomus discolor</i> Wagner, 1844	Morcego	T; G; R	Não	LC		
<i>Phyllostomus hastatus</i> (Pallas, 1767)	Morcego	T; G; R	Não	LC		
<i>Tonatia bidens</i> (Spix, 1823)	Morcego	T; G; R	Sim	DD		
<i>Trachops cirrhosus</i> (Spix, 1823)	Morcego	T; G; R	Sim	LC		
Carolliinae		T; G; R				
<i>Carollia brevicauda</i> (Schinz, 1821)	Morcego	T; G; R	Não	LC		
<i>Carollia perspicillata</i> (Linnaeus, 1758)	Morcego	T; G; R	Sim	LC		
Stenodermatinae		T; G; R				
<i>Sturnira lilium</i> (É. Geoffroy, 1810)	Morcego	T; G; R	Sim	LC		
<i>Sturnira tildae</i> de la Torre, 1959	Morcego	G; R	Não	LC		

Continuação

Táxon	Nome Popular	Fonte	Registrado na Região	Status IUCN	MMA 2003	COPAM MG (2010)
<i>Artibeus fimbriatus</i> Gray, 1839	Morcego	T; G	Não	LC		
<i>Artibeus planirostris</i> Leach, 1821	Morcego	T; G; R	Sim	LC		
<i>Artibeus lituratus</i> (Olfers, 1818)	Morcego	T; G; R	Sim	LC		
<i>Artibeus obscurus</i> (Schinz, 1821)	Morcego	T; G; R	Não	LC		
<i>Chiroderma doriae</i> Thomas, 1892	Morcego	T; G; R	Não	LC		
<i>Chiroderma villosum</i> Peters, 1861	Morcego	T; G; R	Não	LC		
<i>Dermanura cinerea</i> (Gervais, 1856)	Morcego	G; R	Não	LC		
<i>Platyrrhinus incarum</i> (Thomas, 1912)	Morcego	T; G; R	Não	*		
<i>Platyrrhinus lineatus</i> (É. Geoffroy, 1810)	Morcego	T; G; R	Sim	LC		
<i>Platyrrhinus recifinus</i> (Thomas, 1901)	Morcego	T; G; R	Não	LC	VU	
<i>Pygoderma bilabiatum</i> (Wagner, 1843)	Morcego	T; G; R	Sim	LC		
<i>Uroderma bilobatum</i> Peters, 1867	Morcego	T; G; R	Não	LC		
<i>Uroderma magnirostrum</i> Davis 1968	Morcego	T; G; R	Sim	LC		
<i>Vampyressa pusilla</i> (Wagner, 1843)	Morcego	T; G; R	Não	DD		
Furipteridae						
<i>Furipterus horrens</i> (F. Cuvier, 1828)	Morcego	T; G; R	Sim	LC		
Natalidae						
<i>Natalus espiritosantensis</i> Ruschi, 1951	Morcego	T; G; R	Sim	NT		
Molossidae						
<i>Cynomops abrasus</i> (Temminck, 1827)	Morcego	T; G; R	Não	DD		
<i>Cynomops planirostris</i> (Peters, 1866)	Morcego	T; G; R	Não	LC		
<i>Eumops auripendulus</i> (Shaw, 1800)	Morcego	T; G; R	Sim	LC		
<i>Eumops bonariensis</i> (Peters, 1874)	Morcego	T; G; R	Sim	LC		
<i>Eumops delticus</i> Thomas, 1923	Morcego	T; G; R	Não	N/A		

Continuação

Táxon	Nome Popular	Fonte	Registrado na Região	Status IUCN	MMA 2003	COPAM MG (2010)
<i>Eumops glaucinus</i> (Wagner, 1843)	Morcego	G; R	Não	LC		
<i>Eumops hansae</i> Sanborn, 1932	Morcego	G; R	Não	LC		
<i>Eumops perotis</i> (Schinz, 1821)	Morcego	T; G; R	Não	LC		
<i>Molossops temminckii</i> (Burmeister, 1854)	Morcego	T; G; R	Sim	LC		
<i>Molossus currentium</i> Thomas, 1901	Morcego	T; G; R	Sim	LC		
<i>Molossus molossus</i> (Pallas, 1766)	Morcego	T; G; R	Sim	LC		
<i>Molossus rufus</i> É. Geoffroy, 1805	Morcego	T; G; R	Sim	LC		
<i>Nyctinomops aurispinosus</i> (Peale, 1848)	Morcego	T; G; R	Não	LC		
<i>Nyctinomops laticaudatus</i> (É. Geoffroy, 1805)	Morcego	T; G; R	Sim	LC		
<i>Nyctinomops macrotis</i> (Gray, 1840).	Morcego	T; G; R	Não	LC		
<i>Promops nasutus</i> (Spix, 1823)	Morcego	T; G; R	Não	LC		
<i>Tadarida brasiliensis</i> (I. Geoffroy, 1824)	Morcego	T; G; R	Não	LC		
Vespertilionidae						
<i>Eptesicus brasiliensis</i> (Desmarest, 1819)	Morcego	T; G; R	Sim	LC		
<i>Eptesicus diminutus</i> Osgood, 1916	Morcego	T; G; R	Não	DD		
<i>Eptesicus furinalis</i> (d'Orbigny, 1847)	Morcego	T; G; R	Não	LC		
<i>Histiotus velatus</i> (I. Geoffroy, 1824)	Morcego	T; G; R	Sim	DD		
<i>Lasiurus blossevilli</i> (Lesson and Garnot, 1826)	Morcego	T; G; R	Não	LC		
<i>Lasiurus cinereus</i> (Palisot de Beauvois, 1796)	Morcego	T; G; R	Não	LC		
<i>Lasiurus ega</i> (Gervais, 1856)	Morcego	T; G; R	Não	LC		
<i>Lasiurus egregius</i> (Peters, 1870)	Morcego	G; R	Não	DD		
<i>Myotis albescens</i> (É. Geoffroy, 1806)	Morcego	T; G; R	Não	LC		

Continuação

Táxon	Nome Popular	Fonte	Registrado na Região	Status IUCN	MMA 2003	COPAM MG (2010)
<i>Myotis levis</i> (I. Geoffroy, 1824)	Morcego	T; G; R	Não	LC		
<i>Myotis nigricans</i> (Schinz, 1821)	Morcego	T; G; R	Sim	LC		
<i>Myotis riparius</i> Handley, 1961	Morcego	T; G; R	Não	LC		
<i>Myotis ruber</i> (É. Geoffroy, 1806)	Morcego	T; G; R	Não	NT	VU	
<i>Rhogessa hussoni</i> Genoways and Baker, 1997	Morcego	T; G; R	Não	DD		

Fonte: T= TAVARES *et al.* (2010); G= GARDNER (2007); R = REIS (2010). Status: DD: Dados Insuficientes; LC = Não Ameaçado; NT = Quase ameaçado; VU = Vulnerável; EN = Ameaçado. **Platyrrhinus incarum* foi revalidado recentemente em VELAZCO (2010) e ainda não possui dados sobre a sua conservação.

3.2.3.2.2 - Dados primários cavidades

Na primeira campanha de coleta (estação seca) foram visitadas 27 cavidades com potencial para quiropterofauna e obteve-se uma listagem de 45 indivíduos distribuídos em sete espécies provenientes de sete dessas cavidades e de um paredão onde se inserem algumas dessas cavernas.

Na segunda campanha de coleta foram visitadas 25 cavidades, sendo que as cavernas 050 e 052 não foram amostradas por razões de segurança, devido à presença de abelhas no local. Obteve-se nessa campanha uma listagem de 20 indivíduos distribuídos em sete espécies, encontrados em onze cavidades.

Houve captura em 12 das cavidades visitadas. Porém, registrou-se a presença de morcegos também por meio de vestígios (fezes abundantes) em 15 cavidades. Outras cavidades demonstraram uso eventual por morcegos (poucas fezes), indicando que o potencial de uso das cavidades inclui o de abrigo temporário. O quadro 3.13 lista as cavidades e a presença de Chiroptera via captura ou registro indireto. O Anexo 06 apresenta a planilha de dados das coletas.

QUADRO 3.13 - Lista de cavidades e afloramentos analisados no estudo

Identificação	Zona	Coordenada UTM		Elevação	Captura	Sinais de uso*
		Leste	Norte			
Caverna 008	23 K	741220	8201529	837	Não	Não
Caverna 039	23 K	743067	8200597	775	Sim	Sim
Caverna 045	23 K	741682	8205021	804	Não	Não
Caverna 046	23 K	741681	8204958	807	Não	Não
Caverna 050	23 K	742984	8202700	809	Não	Não
Caverna 052	23 K	744314	8201710	836	Não	Sim
Caverna 053	23 K	744398	8201590	845	Sim	Sim
Caverna 059	23 K	741066	8204152	829	Não	Sim
Caverna 071	23 K	742980	8203082	802	Não	Não
Caverna 072	23 K	742071	8200970	852	Sim	Sim
Caverna 090	23 K	743174	8200667	774	Sim	Sim
Caverna 099	23 K	743563	8199064	821	Não	Não
Caverna 110	23 K	743182	8199933	783	Sim	Sim
Caverna 112	23 K	741375	8204331	807	Não	Não
Caverna 117	23 K	741273	8204220	779	Não	Não
Caverna 121	23 K	741315	8204207	799	Não	Sim
Caverna 124	23 K	741653	8204344	737	Não	Não
Caverna 126	23 K	741754	8204339	770	Sim	Sim
Caverna 130	23 K	741330	8204237	803	Sim	Sim
Caverna 134	23 K	743353	8201783	721	Sim	Sim
Caverna 135	23 K	743310	8201634	916	Não	Não

Continuação

Identificação	Zona	Coordenada UTM		Elevação	Captura	Sinais de uso*
		Leste	Norte			
Caverna 144	23 K	742960	8202952	810	Sim	Sim
Cavidade 150	23 K	741613	8201225	814	Não	Não
Cavidade 151	23 K	741590	8201187	808	Sim	Sim
Cavidade 152	23 K	743558	8199155	837	Não	Não
Tocaia de Paca	23 K	756044	8156111	740	Não	Sim
Boca Soberba	23 K	756105	8156155	732	Sim	Sim

Foram realizadas coletas noturnas em duas áreas, uma contemplando as cavidades do vale do córrego Mundo Novo (112, 117, 121, 124, 126 e 130) e uma contemplando o platô acima da Caverna 072, totalizando um esforço de coleta igual a 1800 h.m² por estação. A realização de coletas desse tipo não foi possível em todas as cavidades devido ao relevo acidentado.

Ao todo foram capturadas 10 espécies nas cavidades e reentrâncias visitadas. Os resultados das capturas no interior de cavidades são descritos separados das coletas no exterior e estão listados nos quadros 3.14 e 3.15 respectivamente.

As Fotos 3.134 a 3.136 representam algumas das espécies capturadas no projeto. Destaca-se que *P. kappleri* não foi fotografado, por estar com filhote e correndo o risco de soltar-se da mãe.



Foto 3.134 - *Desmodus rotundus*. Morcego hematófago, comumente conhecido como vampiro. Complexo mineral.



Foto 3.135 - *Anoura caudifer*. Morcego nectarívoro. Complexo minerário.

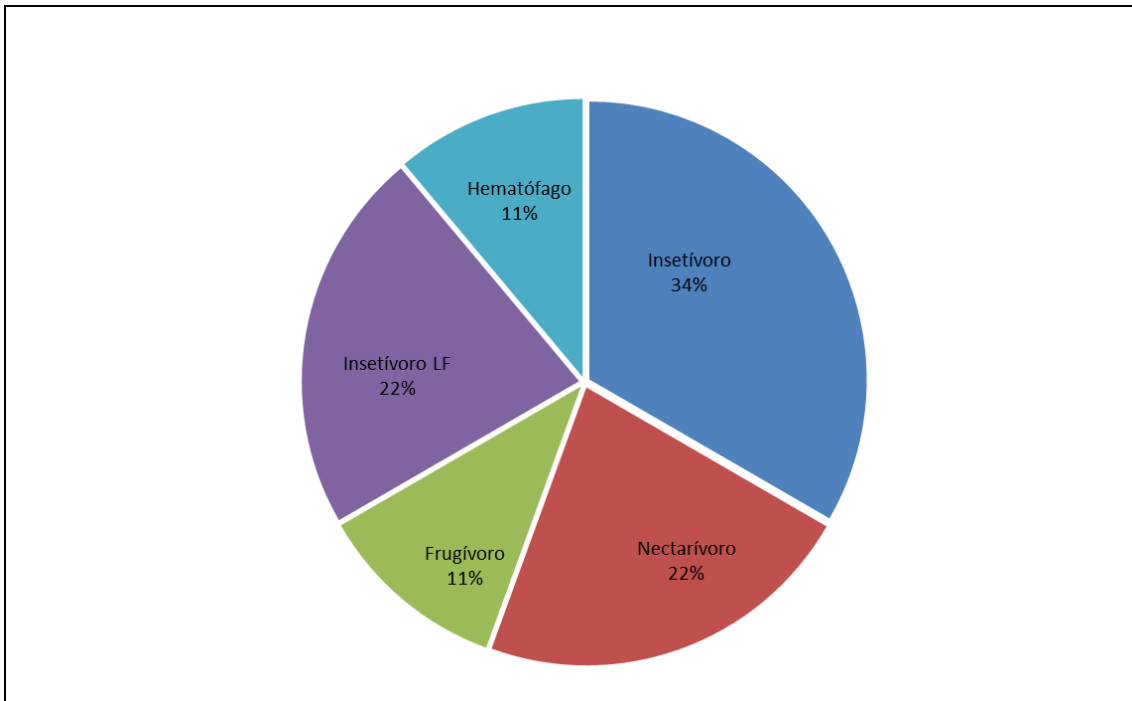


Foto 3.136 - *Glossophaga soricina*. Morcego nectarívoro. Complexo minerário.

Foram capturados animais pertencentes a cinco guildas alimentares: Frugívoros, Nectarívoros, Hematófagos, Insetívoros e Insetívoros Limpa Folhas (Foto 3.137 a 3.143).

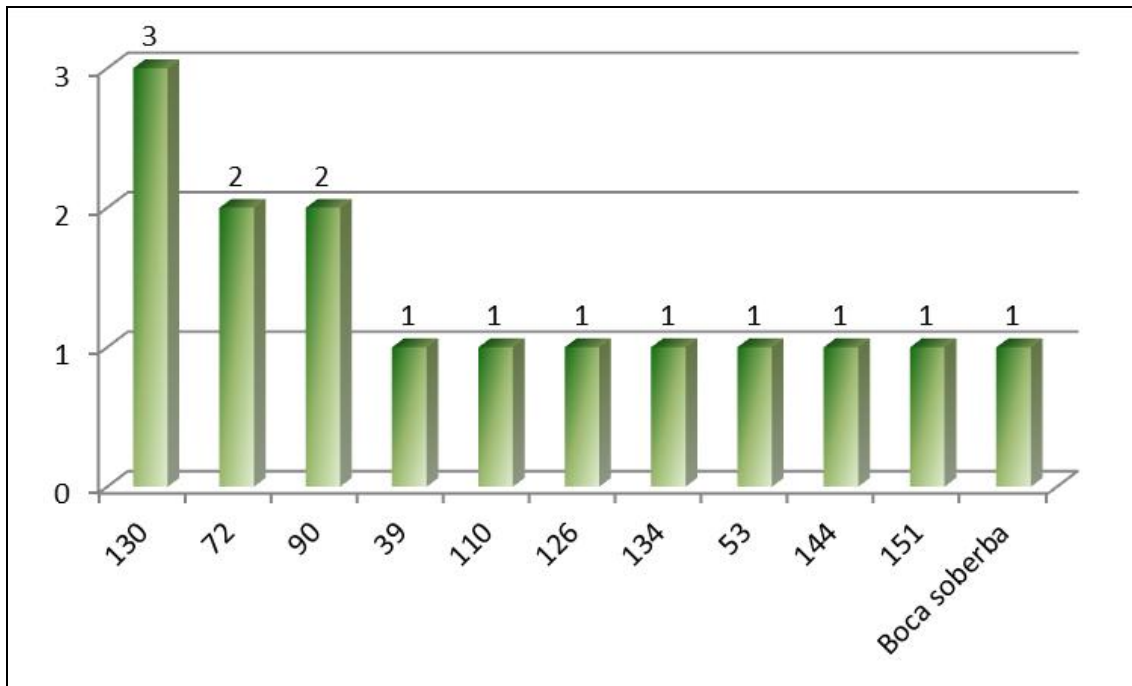
A maior diversidade foi de morcegos insetívoros, como visto na Figura 3.43. Muitos morcegos insetívoros utilizam cavidades como abrigo com muita frequência, sendo que algumas espécies são normalmente associadas somente a cavidades, como *N. espirittossantensis* (Foto 3.141).

FIGURA 3.43 - Percentual de Riqueza por Guilda Alimentar



O hábito alimentar dos morcegos influencia diretamente a fauna de invertebrados que colonizam uma caverna. Segundo GNASPINI-NETTO (1989), *apud* BAHIA (2007), o tipo de guano afeta a fauna de invertebrados que irá colonizá-lo. Dessa forma, uma cavidade que possua uma diversidade maior de quirópteros tende também a ter uma maior diversidade de invertebrados. Assim, como pode ser visto na Figura 3.44, existe uma tendência de que a Caverna 130 apresente uma maior diversidade de invertebrados, dada a diversidade de guildas alimentares encontradas.

FIGURA 3.44 - Diversidade de guildas alimentares por cavidade



QUADRO 3.14 - Lista de espécies coletadas nas cavidades

Táxon	Nome Popular	Local em que foi coletada	Guilda alimentar	Status IUCN	MMA 2003	COPAM (2010)
Emballonuridae						
<i>Peropteryx kappleri</i> Peters, 1867	Morcego	090	Insetívoro	LC	NA	NA
Phyllostomidae						
<i>Desmodus rotundus</i> (É. Geoffroy, 1810)	Morcego Vampiro	053; Boca Soberba**	Hematófago	LC	NA	NA
<i>Anoura caudifer</i> Gray, 1838	Morcego Beija Flor	130	Nectarívoro	LC	NA	NA
<i>Glossophaga soricina</i> (Pallas, 1766)	Morcego Beija Flor	072; 090; 110; 126*; 130; 134; 151; 152	Nectarívoro	LC	NA	NA
<i>Micronycteris microtis</i> (Miller, 1898)	Morcego	130	Insetívoro LF	LC	NA	NA
<i>Mimon bennettii</i> (Gray, 1838)	Morcego	072; 039	Insetívoro LF	LC	NA	NA
<i>Carollia perspicillata</i> (Linnaeus, 1758)	Morcego	090**; 121**; 130; 144	Frugívoro	LC	NA	NA
Furpteridae						
<i>Furipterus horrens</i> (F. Cuvier, 1828)	Morcego	039; 090;	Insetívoro	LC	NA	NA
Natalidae						
<i>Natalus espirossantensis</i> Ruschi, 1951	Morcego	Boca Soberba	Insetívoro	NT	NA	NA

* Indivíduo coletado no paredão rochoso onde se inseria a Cavidade 126 e analisado em conjunto com os outros capturados ali. ** Espécie observada, mas não capturada.

*** Não fotografada devido ao stress e condição reprodutiva.

Status: LC = Não Ameaçado; NT = Quase ameaçado; NA = Não Ameaçado.

QUADRO 3.15 - Lista de espécies coletadas em rede na área das cavidades

Táxon	Nome Popular	Local de coleta	Guilda alimentar	Status IUCN	MMA 2003	COPAM MG (2010)
Phyllostomidae						
<i>Anoura caudifer</i> Gray, 1838	Morcego Beija Flor	Riacho Mundo Novo	Nectarívoro	LC	NA	NA
<i>Dermanura cf cinerea</i> (Gervais, 1856)	Morcego	Riacho Mundo Novo; Paredão da 072	Frugívoro	LC	NA	NA
<i>Carollia perspicillata</i> (Linnaeus, 1758)	Morcego	Riacho Mundo Novo; Paredão da 072	Frugívoro	LC	NA	NA

Status: LC = Não Ameaçado; NT = Quase ameaçado; NA = Não Ameaçado.



Foto 3.137 - *Micronycteris microtis*. Insetívoro Limpa Folha. Complexo minerário.



Foto 3.138 - *Mimon bennettii*. É um morcego raramente capturado e indicativo de boa qualidade ambiental. Complexo minerário.



Foto 3.139 - *Carollia perspicillata*. Morcego frugívoro muito comum nas áreas onde ocorre. Complexo minerário.



Foto 3.140 - *Furipterus horrens*. Morcego insetívoro que usualmente se abriga em rochas e cavidades. Complexo minerário.



Foto 3.141 - *Natalus espirittossantensis*. Morcego insetívoro. Complexo minerário.



Foto 3.142 - *Myotis cf nigricans*. Morcego insetívoro. Complexo minerário.



**Foto 3.143 - *Dermanura cf. cinerea*.
Morcego frugívoro capturado em rede de neblina, o qual não ocorre normalmente em cavidades. Complexo minerário.**

Riqueza

Foram encontradas nove espécies utilizando as cavidades como abrigo (Quadros 3.14 e 3.15). Foram encontrados morcegos em 12 das 27 cavidades amostradas, apesar de haver sinais de uso evidente em quase todas elas.

A cavidade que apresentou maior diversidade foi a 130 (Figura. 3.45 e Figura 3.46). As cavernas apresentaram riqueza reduzida, sendo em sua maioria utilizadas por uma única espécie.

FIGURA 3.45 - Riqueza por cavidade

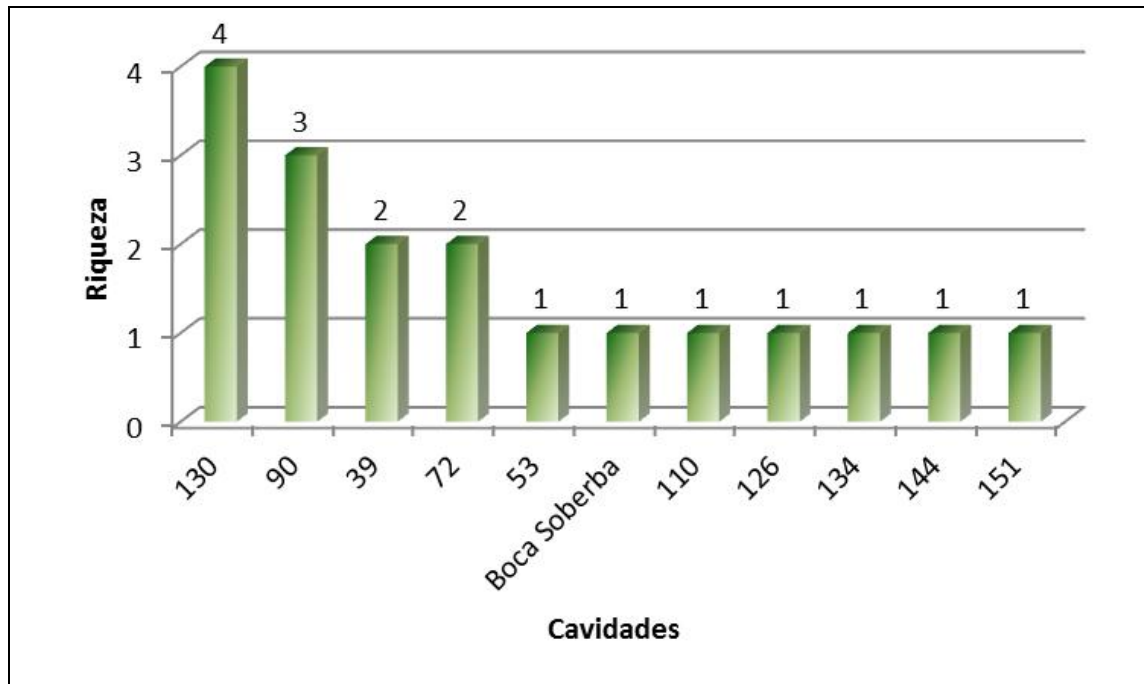
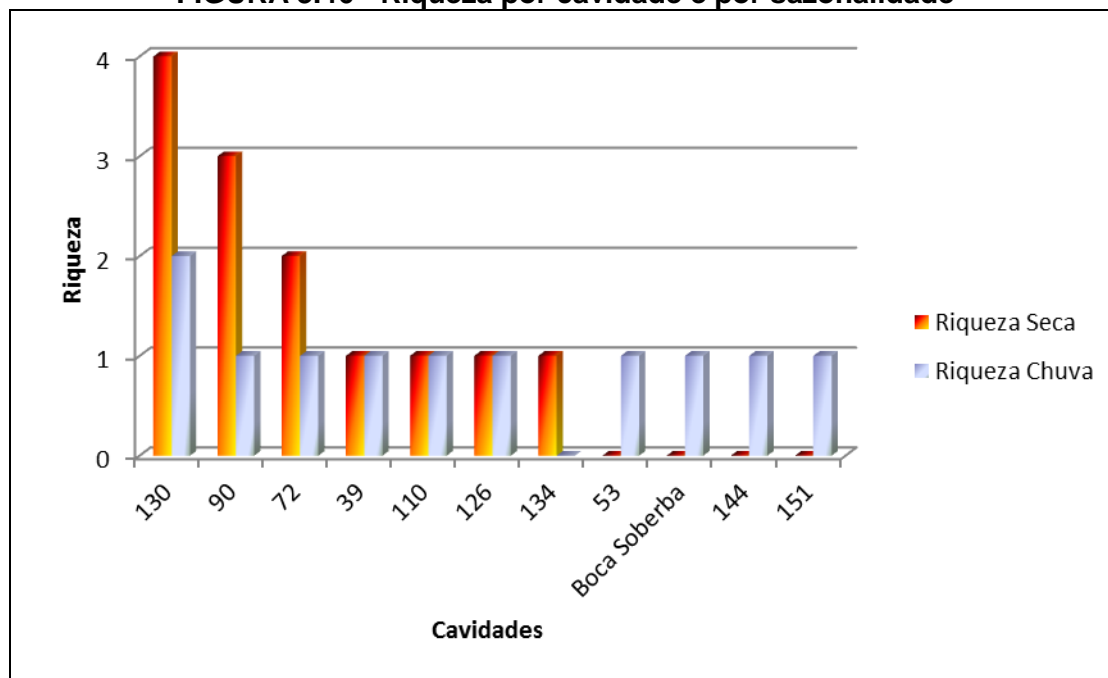


FIGURA 3.46 - Riqueza por cavidade e por sazonalidade

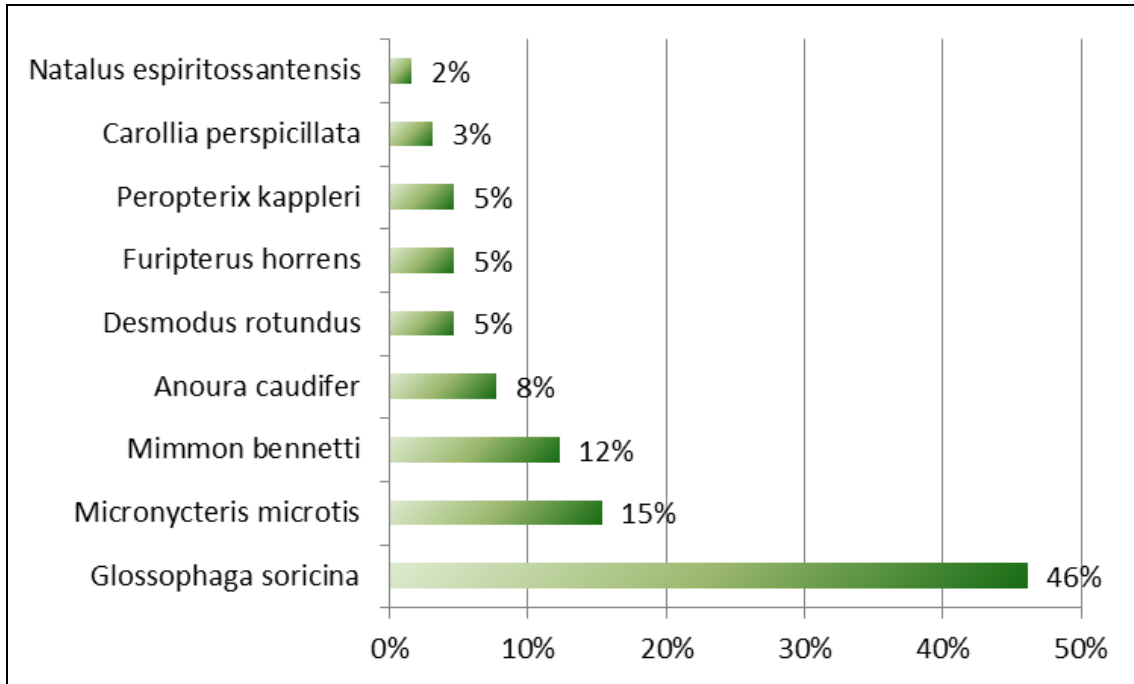


Abundância

Os dados de abundância aqui se referem somente aos animais coletados.

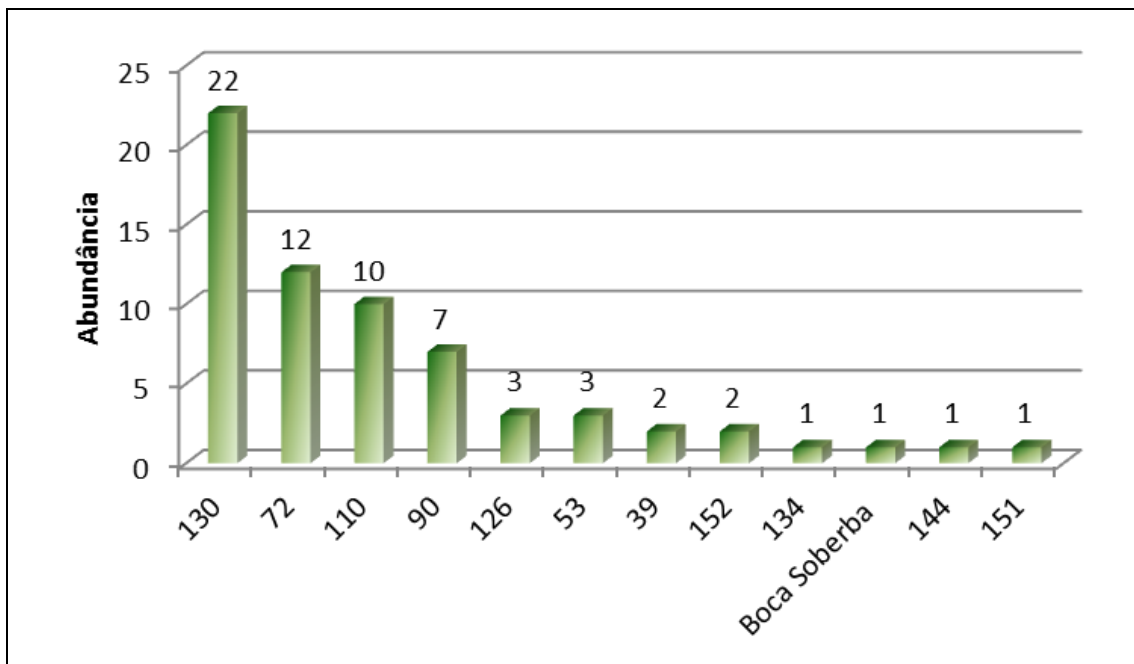
A espécie mais abundante (Figura 3.47) nas cavidades amostradas foi *G. soricina* (Foto 3.129). Esse é um morcego nectarívoro e demonstrou uma abundância relativa grande quando no complexo minerário. A abundância de *D. rotundus* (Foto 3.127), apesar de ser a segunda maior, foi pequena em números absolutos, o que se espera de áreas com alta influência antrópica e ricas em cavidades. Esse fato, somado aos dados obtidos de coletas com *mist net* na área do complexo minerário, deve ser levado em consideração, dada a importância sanitária dessa espécie. Embora haja sinais de morcegos hematófagos em diversas cavernas, a população pode estar reduzida e migrando entre os abrigos disponíveis.

FIGURA 3.47 - Abundância relativa (n/N)



A cavidade com maior abundância foi também a que apresentou maior diversidade (130) (Figura 3.48).

FIGURA 3.48 - Abundância absoluta por cavidade



Diversidade e Similaridade

A diversidade encontrada na área foi baixa, tendo sido encontradas muitas cavidades com uma única espécie (Quadro 3.16).

Coletas realizadas no ambiente epígeo da área do complexo minerário, como parte dos estudos de fauna do Projeto Vale do Rio Pardo, demonstraram uma diversidade pouco maior (2,262). Uma vez que muitos dos morcegos que ocorrem em uma determinada área não utilizam cavidades como abrigos, esse valor é condizente com o esperado e pode até mesmo indicar uma diversidade maior no meio epígeo.

G. soricina força a dominância um pouco mais para cima, dado o grande volume de espécimes dessa espécie capturados nas investigações.

As comunidades de morcegos nas cavidades da área aparentam ser compostas por uma única espécie em sua maioria, com poucas cavidades onde ocorrem mais de uma espécie. Esses morcegos parecem mudar de cavidades com frequência, com apenas duas populações demonstrando algum grau de fidelidade ao abrigo (*M. bennettii*, na cavidade 072, e *M. microtis*, na cavidade 130).

De modo geral as cavidades apresentam pouco grau de similaridade (Quadro 3.17 e Figura 3.49), sendo que somente uma análise mais prolongada, fora do escopo do presente diagnóstico, pode indicar os padrões de ocupação dessas cavidades.

QUADRO 3.16 - Índices de dominância de Simpson (D), diversidade de Shannon (H') e equitabilidade de Pielou (J)

	Boca Soberba	39	53	72	90	110	126	130	134	144	151	152
Dominância (D)	0	0,5	0	0,4861	0,6531	0	0	0,6653	0	0	0	0
Diversidade (H')	0	0,6931	0	0,6792	1,079	0	0	1,19	0	0	0	0
Equitabilidade (J)	0	1	0	0,9799	0,9821	0	0	0,8584	0	0	0	0

QUADRO 3.17 - Matriz de Similaridade (Bray-Curtis)

	Boca Soberba	Caverna 039	Caverna 053	Caverna 072	Caverna 090	Caverna 110	Caverna 126	Caverna 130	Caverna 134	Caverna 144	Caverna 151	Caverna 152
Boca Soberba	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Caverna 039	0	1	0	0,14286	0,22222	0	0	0	0	0	0	0
Caverna 053	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Caverna 072	0	0,14286	0	1	0,21053	0,45455	0,4	0,29412	0,15385	0	0,15385	0,28571
Caverna 090	0	0,22222	0	0,21053	1	0,23529	0,4	0,13793	0,25	0	0,25	0,44444
Caverna 110	0	0	0	0,45455	0,23529	1	0,46154	0,375	0,18182	0	0,18182	0,33333
Caverna 126	0	0	0	0,4	0,4	0,46154	1	0,24	0,5	0	0,5	0,8
Caverna 130	0	0	0	0,29412	0,13793	0,375	0,24	1	0,086957	0,086957	0,086957	0,16667
Caverna 134	0	0	0	0,15385	0,25	0,18182	0,5	0,086957	1	0	1	0,66667
Caverna 144	0	0	0	0	0	0	0	0,086957	0	1	0	0
Caverna 151	0	0	0	0,15385	0,25	0,18182	0,5	0,086957	1	0	1	0,66667
Caverna 152	0	0	0	0,28571	0,44444	0,33333	0,8	0,16667	0,66667	0	0,66667	1

Suficiência amostral

Dadas as peculiaridades do estudo de quirópteros em cavidades, se torna difícil adotar uma metodologia que possibilite padronizar o esforço para a captura desses animais. As dimensões das cavidades e das colônias influenciam diretamente no sucesso de captura. O número de espécies observadas em relação à dimensão da cavidade também é um fator importante.

Caso se tente criar um padrão de esforço relativo ao tamanho da cavidade surge o problema do relevo interno da caverna (fissuras, reentrâncias na parede, passagens estreitas etc.). Às vezes uma cavidade pequena, cujas paredes apresentem muitas fissuras, pode comportar uma população de quirópteros muito mais numerosa do que a de uma caverna maior que não apresente as mesmas características.

A proposta de abordagem adotada pela equipe neste estudo foi de realizar uma análise mais qualitativa e, dessa forma, priorizou-se a identificação de todas as espécies identificadas em uma cavidade. Assim, foi adotada uma metodologia de “exaustão” do recurso, ou seja, o esforço de captura se estendeu até que todas as espécies observadas tivessem sido capturadas ao menos uma vez. Dessa forma, acredita-se que é possível apreciar de forma mais completa o uso das cavidades pela fauna de morcegos local.

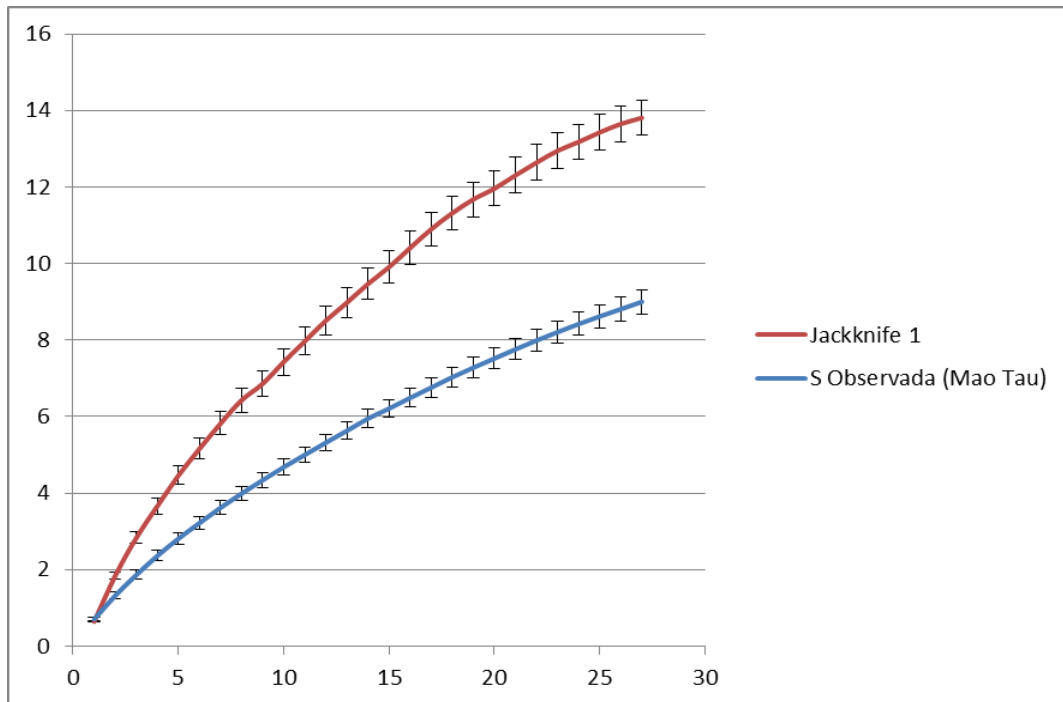
Para a estimativa de riqueza e curva de coletor utilizou-se como unidade amostral cada cavidade analisada. A curva de coletor (Mao Tau) tende a um crescimento, mas já começa a suavizar rumo à assíntota. A estimativa de riqueza para a área, segundo o método JackKnife de primeira ordem é igual a 13,81 espécies, com erro estimado em $\pm 0,4$. Segundo essa análise estima-se a presença de até cinco espécies não contempladas neste estudo (Figura 3.50).

A curva de coletor, como embasamento para a definição de uma amostragem ideal, apresenta diversas desvantagens. A própria ideia da existência de um patamar (assíntota) a partir do qual ela se estabilizaria é um fator limitante (SCHILLING & BATISTA, 2008). Em locais onde a riqueza de espécies é muito grande essa estabilização é improvável. Uma vez que Chiroptera é o segundo grupo mais diverso de mamíferos e estão amplamente distribuídos por todo o mundo, a estabilização de curvas de coletor baseadas em coletas desse grupo, em especial na região neotropical, é muito complicada, demandando anos de estudos.

Para a questão da estabilização fez-se o uso de métodos de estimativa de riqueza (JackKnife 1), tentando estimar quantas espécies poderiam ter sido subamostradas na área. Esse método também apresenta limitações e com frequência subestima as amostragens em uma área. O trabalho de REX *et al.* (2008) faz análises sobre a deficiência desse método na amostragem de morcegos.

Considera-se assim que o método utilizado foi adequado, correspondendo à realidade das cavidades do complexo minerário.

FIGURA 3.50 - Riqueza estimada (Jackknife 1) e riqueza observada (SObs)



3.2.3.3 - Espécies ameaçadas, migratórias, bioindicadoras e de valor sanitário e econômico

Não foram coletadas espécies ameaçadas de extinção de acordo com as entidades avaliadas (IUCN, MMA e COPAM).

Segundo TAVARES *et al.* (2010), apud GOLDER (2010), não existem padrões migratórios conhecidos para morcegos no Brasil, mas algumas espécies de glossofagíneos são conhecidos por migrar de acordo com a disponibilidade de recursos à medida que a época de floração se altera, podendo desaparecer de algumas regiões durante certos períodos. Esse padrão pode também existir no local de estudo, uma vez que duas espécies de glossofagíneos foram encontrados ali, mas como dito anteriormente não há confirmação desse padrão.

M. bennettii e *M. microtis*, possuem alguma capacidade de sobreviver em ambientes modificados, mas como muitos morcegos da subfamília phyllostominae, sua presença pode ser indicativa de boa qualidade ambiental.

No Brasil não há o costume de se utilizar morcegos como alimento ou como animais de estimação. Portanto morcegos não apresentam valor como animais cinegéticos ou xerimbabos.

Em relação à epidemiologia, *D. rotundus* é um importante vetor da raiva bovina e humana. Foi encontrado em baixa abundância na área, mas é um animal encontrado com muita frequência em áreas de ocorrência de cavernas. Um aumento de disponibilidade de recursos (aumento na pecuária) ou diminuição das populações de outras espécies pode favorecer o aumento da população de *D. rotundus*.

3.2.3.4 - Considerações finais

Todas as cavernas visitadas apresentaram sinais de ocupação por morcegos, muitas das quais tiveram animais observados pela equipe de bioespeleologia. Porém, em sua maioria essas populações haviam se deslocado quando da visita técnica deste estudo.

Os indícios encontrados levam a crer que a população residente de quirópteros usa as cavidades da região de forma contínua, mas alternam as cavidades onde se abrigam, sendo que apenas uma colônia de *M. bennettii* e uma de *M. microtis* apresentaram algum grau de fidelidade ao abrigo.

A proximidade entre os platôs favorece um fluxo constante entre as populações residentes da região, porém essas interações só poderiam ser confirmadas por meio de estudos genéticos de médio e longo prazo. Nenhuma população aparenta estar isolada e mesmo as espécies capturadas em uma única cavidade não aparentam estar restritas a ela, com exceção de *N. espirittossantensis*, capturado em uma única cavidade. Embora *M. microtis* tenha sido encontrado também em uma única cavidade, essa espécie, ao contrário de *N. espirittossantensis*, não se abriga exclusivamente em cavidades, podendo utilizar ocos de árvores e cupinzeiros como abrigo. As fissuras e pequenos buracos formados ao longo dos paredões rochosos também demonstram sinais de uso como abrigos e podem servir como apoio a migrações entre as cavidades.

A área dá sinais de alguma preservação da fauna de morcegos e a baixa população de *D. rotundus* pode ser consequência disso. *D. rotundus* é uma espécie muito comum em áreas com impacto considerável e rara em ambientes preservados. É uma espécie hematófaga e a supressão da cobertura vegetal para prática da pecuária é o maior fator de aumento populacional para essa espécie. É uma espécie agressiva e costuma disputar território com outras espécies. Portanto, uma desestruturação da dinâmica local pode levar ao aumento da população de *Desmodus rotundus*, agravando assim os impactos.

3.3 - Diagnóstico arqueológico

3.3.1 - Introdução

O presente estudo tem por finalidade informar os resultados da campanha de investigação arqueológica voltada à valoração das cavidades na área do complexo minerário (Bloco 8) e adutora, realizada em uma etapa no período entre os dias 01 e 16 de setembro de 2011, com equipe composta por dois pesquisadores e um auxiliar de campo.

Os estudos arqueológicos direcionaram-se ao atendimento dos procedimentos delineados na Instrução Normativa nº 02, que regulamenta o disposto no Decreto nº 6.640, de 07 de novembro de 2008 (Brasil, 2009).


Os objetivos do estudo visaram, primeiramente, a realização de verificações arqueológicas gerais, considerando-se a contextualização regional e local do empreendimento, para além de reconhecimento da área pesquisada, e em segundo, investigações específicas, compostas por averiguações, registros fotográficos, estudos, observações, avaliações particulares nas cavidades previamente identificadas na área e, finalmente, apresentação dos resultados, dados e informações arqueológicas obtidas voltadas à valoração das cavidades.

3.3.2 - Procedimentos metodológicos

A metodologia básica para inspeção das cavidades segue os procedimentos técnicos especializados idênticos àqueles aplicados nos processos de diagnóstico arqueológicos. Nessa medida, os profissionais realizaram inspeções de superfície, avaliação de suportes rupestres, entrevistas e sondagens subsuperficiais.

Para as observações específicas averiguou-se durante as atividades aspectos pertinentes e relevantes ao estudo arqueológico, tratando-se de sistematizar os dados coletados por meio de Ficha de Estudo específica criada para o projeto (Figura 3.51).

FIGURA 3.51 - Ficha de levantamento arqueológico

BRANDT Meio Ambiente – Averiguação de Cavidades			
Projeto:		UTM:	
No. Identificação:		Altitude:	Município:
Classificação:			Fotos:
Caracterização do entorno			
Posição na vertente:			
Orientação da entrada:			
Vegetação:			
Altura do pacote rochoso:			
Acesso:			
Dimensões			
Descrição da cavidade			
Morfologia:			
Litologia/estruturas:			
Espeleotemas:			
Sedimento/Hidrologia:			
Potencial arqueológico:			
Observações gerais:			
Responsável:		Data:	

3.3.3 - Levantamento de dados secundários

3.3.3.1 - Breve caracterização histórica e pré-histórica

A região compreendida pelo norte de Minas Gerais possui uma riqueza histórica e arqueológica importante, que abarca desde épocas pretéritas de sociedades caçadoras-coletoras até a história recente da exploração de diamantes e, atualmente, a atividades voltadas ao florestamento e reflorestamento de pinus e eucalipto em grandes extensões.

Em termos pré-históricos, a região insere-se no contexto geral do Brasil Central, estando situada em um vale que conduz às regiões litorâneas, podendo ter sido utilizado como via de tráfego na pré-história.

Implantada nesse contexto encontra-se a área do complexo minerário do Projeto Vale do Rio Pardo, situada nos municípios de Grão Mongol e Padre Carvalho, no Estado de Minas Gerais.

As modificações e alterações recentes provocadas no solo - que se traduz na matriz de preservação do patrimônio arqueológico - impactam os recursos culturais existentes há centenas e até milhares de anos antes. Dessa forma, qualquer alteração do solo, como desmatamentos para formação de pastagens, eucaliptais ou uso agrícola, tende a modificar; comprometer e até mesmo destruir bens arqueológicos.

3.3.3.2 - Sítios pesquisados em trabalhos anteriores

3.3.3.2.1 - Sítios registrados no Cadastro Nacional de Sítios Arqueológicos - IPHAN

A pesquisa³ realizada no Banco de Dados do IPHAN, disponível na página de internet <http://www.iphan.gov.br>, revelou um reduzido registro de sítios arqueológicos nos municípios que compreendem o Projeto Vale do Rio Pardo.

Pesquisados no Cadastro Nacional de Sítios Arqueológicos (CNSA) do IPHAN, referente ao registro de sítios arqueológicos pré-históricos, históricos ou de contato, os registros encontram-se expostos no quadro 3.18, englobando os municípios próximos e de entorno direto empreendimento, sendo encontrados cinco registros em Minas Gerais, nos municípios de Rio Pardo de Minas e Águas Vermelhas, fora da área de influência do projeto.

³ 21 de dezembro de 2010

QUADRO 3.18 - Sítios Arqueológicos registrados na área de estudo e entorno

CNSA	Nome	Município	UF	Tipo
MG00732	Sítio do Pau d'Arco	Rio Pardo de Minas	MG	Arte Rupestre
MG00736	Sítio João do Rego	Rio Pardo de Minas	MG	Arte Rupestre
MG00737	Sítio do Curro	Rio Pardo de Minas	MG	Arte Rupestre
MG00738	Sítio do Curral das Éguas	Rio Pardo de minas	MG	Arte Rupestre
MG00265	Curral de Dentro	Águas Vermelhas	MG	Arte Rupestre

Fonte: IPHAN: Banco de Dados. Disponível em: <http://www.iphan.gov.br>.

3.3.3.2.2 - Sítios registrados na Barragem do Rio Vacaria

No ano de 2005 foram realizados os estudos de Diagnóstico Arqueológico⁴ do empreendimento Barragem Vacaria, bacia do rio Jequitinhonha, entre os municípios de Fruta de Leite e Salinas - Estado de Minas Gerais. Nessa fase preliminar da pesquisa arqueológica foram identificados três sítios arqueológicos às margens do rio Vacaria, a seguir expostos no quadro 3.19.

QUADRO 3.19 - Sítios Arqueológicos identificados na área de estudo e entorno

Nome	Município	UF	Tipo	Material
Sítio Vacaria	Fruta de Leite	MG	Pré-histórico	Lito-cerâmico (Tupiguarani)
Sítio Espigão	Fruta de Leite	MG	Pré-histórico / Histórico	Lito-cerâmico (Tupiguarani) / Porcelanato / Metal
Sítio Faz. Beija-Flor	Fruta de Leite	MG	Histórico	Sede/paiol/muro de pedras

Fonte: Sítios Arqueológicos do Diagnóstico: Barragem Vacaria (2005)

3.3.3.2.3 - Patrimônio associado a áreas de formações ferríferas

Largamente apoiados em CARMO *et al.* (2010), existe no Brasil um relevante patrimônio geoambiental, arqueológico e biológico pouco conhecido associado às formações ferríferas.

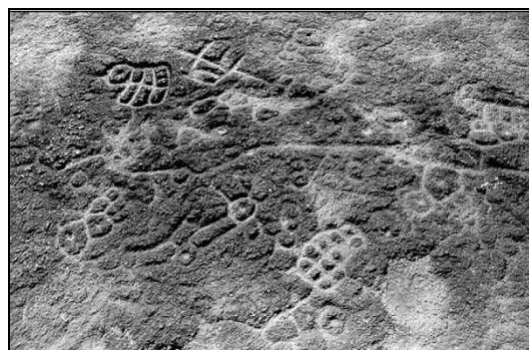
Destaca-se, nesse geossistema ferruginoso um expressivo sistema espeleológico, com mais de 1500 cavernas cadastradas na última década (PILÓ & AULER, 2009; CECAV, 2011). Este importante patrimônio espeleológico, que até recentemente era desconhecido, é caracterizado por possuir uma gênese, tipologia e mineralogia peculiares (AULER & PILÓ, 2005a). No Brasil, os principais estudos espeleológicos em litotipos ferruginosos foram realizados no Estado do Pará, região de Carajás (MOREIRA & PAIVA, 1988; PINHEIRO & MAURITY, 1988; CUNHA Jr. *et al.*, 2007; PILÓ & AULER, 2009) e no Quadrilátero Ferrífero, Minas Gerais (FERREIRA, 2005; AULER & PILÓ, 2005a; SOUZA-SILVA, 2008; SOUZA-SILVA *et al.*, 2011).

⁴ ALONSO LIMA, Márcio

Vários naturalistas que trabalharam na região do Quadrilátero Ferrífero (MG) durante o sec XIX, entre eles Richard Burton, Peter Claussen, Marianne North, Johann M. Rugendas, Pierre Aime Pissis e Augustin Francois C. P. de Saint-Hilaire destacaram, de uma forma ou de outra, a singularidade dos ambientes formados pelas cangas, pelos itabiritos (formações ferríferas bandadas) e a vegetação associada. Por volta de 1818, Karl Friedrich Philipp von Martius, naturalista alemão e um dos editores da monumental obra botânica *Flora brasiliensis*, realizou interessantes observações geobotânicas associando a presença de algumas espécies com as formações ferruginosas localizadas na Serra de Antonio Pereira, região entre Ouro Preto e Mariana (SPIX & MARTIUS, 1824). A Serra da Piedade e o Pico do Itabirito foram tombados pelo Instituto Estadual do Patrimônio Histórico e Artístico (IEPHA-MG) e ambos compõem um conjunto de sítios geológicos reconhecidos pela Comissão Brasileira de Sítios Geológicos e Paleobiológicos (ROSIERE *et al.*, 2005; RUCHKYS *et al.*, 2007).

Os sítios geológicos constituem excepcionais ocorrências geológicas que registram a origem e evolução da Terra naqueles locais (Winge, 1999). Um terceiro sítio geológico e paleontológico associado às cangas está localizado no extremo leste do Quadrilátero, na região conhecida por Chapada de Canga. Nessa localidade as cangas recobrem um importante registro fóssilífero de plantas do Terciário brasileiro, onde um dos primeiros registros de uma flor fóssil no Cenozoico do Brasil foi descoberto naquela região (MELLO *et al.*, 2002).

Outro sítio geológico e paleoambiental associado às cangas e às formações ferríferas bandadas foi identificado próximo de Corumbá, MS. Esse sítio, denominado Morraria de Urucum, integra uma lista de sítios com propostas para serem transformados em Patrimônio da Humanidade em função da importância do registro geológico que representam (BOGGIANI & COIMBRA, 2002). Nessa mesma região ocorrem sítios arqueológicos contendo vários petroglifos (Fotos 3.144 e 3.145), ou seja, gravuras desenhadas na couraça ferruginosa (GIRELLI, 1994).



Fotos 3.144 e 3.145 - Sítio arqueológico localizado em cangas da região de Urucum, MS. Detalhe dos petroglifos (GIRELLI, 1994). Fonte: CARMO *et al.* (2010)

Sítios arqueológicos associados às cangas também ocorrem no Quadrilátero Ferrífero e na Serra de Carajás, PA. No Quadrilátero os primeiros registros arqueológicos em cavernas ferruginosas foram recentemente descobertos em dois sítios localizados na mina de ferro Capão Xavier, em Nova Lima. Naqueles sítios foram encontrados artefatos cerâmicos e líticos, registrando ocupação humana datada de pelo menos 1.500 anos antes do presente.

Embora preliminares, os registros de ocupação humana em áreas de minério de ferro no Quadrilátero Ferrífero representam um relevante patrimônio histórico e arqueológico no Estado de Minas Gerais (BAETA & PILÓ, 2005).

Nas cavernas ferruginosas localizadas na Serra de Carajás foram encontrados registros arqueológicos evidenciando a presença humana há pelo menos 9.000 anos atrás. As evidências arqueológicas mais importantes foram descobertas nas Grutas do Gavião e do Pequiá, ambas localizadas na Serra Norte, distrito ferrífero de Carajás (MAGALHÃES, 2006).

3.3.3.3 - Levantamento de dados primários

Cumprindo a metodologia traçada para averiguação dos aspectos pertinentes e relevantes ao estudo arqueológico, identificou-se as ocorrências arqueológicas positivas nas cavidades apresentadas no Quadro 3.20.

QUADRO 3.20 - Sítios arqueológicos

Identificação	Utm E	Utm N	Elevação (m)	Projeção horizontal (m)	Resultado	Localização no empreendimento
Caverna 039	743067	8200597	775	46,24	Positivo	ADA
Caverna 072	742071	8200970	852	36,55	Positivo	ADA

3.3.3.3.1 - Ocorrências arqueológicas

3.3.3.3.2 - Caverna 039

Localizada na ADA do empreendimento, identificou-se nessa cavidade (Fotos 3.146 e 3.147) possíveis fragmentos de material lítico (Fotos 3.148 e 3.149), que mostraram, aparentemente, polimento. Contudo, o material se apresentou carreado e lavado, devendo ser alvo de maior detalhamento em próxima etapa, uma vez que foi buscado na porção subafótica da cavidade.



Foto 3.146 - Averiguação e coleta de material



Foto 3.147 - Entrada da caverna



Foto 3.148 - Amostra do material coletado na cavidade



Foto 3.149 - Amostra do material coletado na cavidade

3.3.3.3.3 - Caverna 072

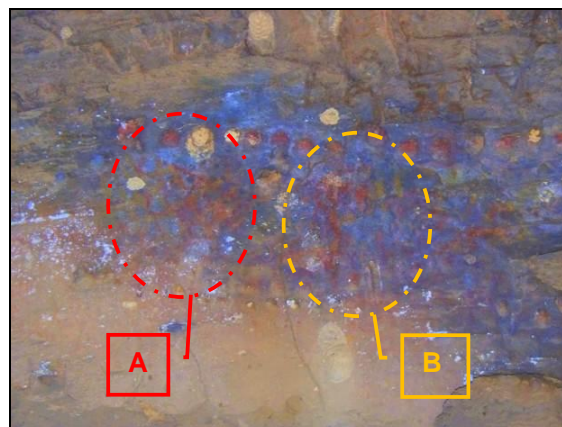
Localizada na ADA do empreendimento, a cavidade apresenta, na entrada, duas aberturas em arco, voltadas em sentido SW, se expandindo em um salão que mostra luminosidade somente nos primeiros metros, sendo consideradas afóticas - todavia averiguadas - as outras extensões.

O sedimento mostra textura areno-siltosa, coloração castanho acinzentada, compactação baixa e umidade baixa, sendo homogêneo e não apresenta serosidade. Ressalta-se o intenso brilho do sedimento justificado pela formação rochosa no local. As ocorrências arqueológicas estão inseridas na cavidade, ou, ainda, nos arcos de entrada e nos arcos de passagem entre salões da mesma e serão a seguir descritos.

O primeiro registro remete a uma das laterais da cavidade - considerado lado direito - sendo registradas pinturas e aparentemente gravuras rupestres. No entorno das pinturas percebe-se gravuras de morfologia circular, que aparentemente, circundaram a porção onde estão inseridas as pinturas. Registra-se aparentemente a escolha do local para a pintura e delimitação pelas formas circulares em uma porção da rocha lisa, sem falhas ou relevos. As pinturas surgem nas colorações amarelo e vermelho, cobrindo toda a porção circulada pelas gravuras, sendo identificados - em primeiro instante - traços geométricos horizontais e verticais. Para além, igualmente na lateral direita, sobre um dos arcos de entrada, registrou-se mais traços de pintura, também nas colorações vermelha e amarela.

O segundo registro, próximo ao primeiro, foi notado em uma coluna que parte da superfície e alcança o teto - sendo esta uma das colunas que separam os arcos de entrada, lado direito - representado por gravuras descritas como traços verticais e horizontais simétricos. Ressalta-se ainda um registro isolado, aparentemente de gravura rupestre de morfologia indefinida, próximo à porção afótica da cavidade, sob um arco.

A rocha utilizada para suporte apresenta estado tafonômico de degradação, sendo dificultoso o processo de reconhecimento das pinturas. Entretanto, nessa cavidade, avaliada exaustivamente pela equipe, a presença da arte rupestre em pinturas e gravuras é claramente reconhecida (Fotos 3.150 a 3.155).



A



B

Fotos 3.150, 3.151, 3.152 - Representações de Pinturas Rupestres (foto natural/foto com saturação de cores) e em detalhes (ampliadas)



Foto 3.153 - Representações de Pinturas Rupestres



Foto 3.154 - Representações de Gravuras Rupestres



Foto 3.155 - Representações de Gravuras Rupestres

3.3.3.3.4 - Considerações Finais

De acordo com os estudos desenvolvidos, foram registradas como positivas duas ocorrências arqueológicas, conforme descrito no presente capítulo do EIA: Caverna 072 e Caverna 039, ambas localizadas na ADA do empreendimento.

As ocorrências arqueológicas deverão seguir com estudos investigativos intensos nas próximas fases - Prospecção e Resgate Arqueológico - de acordo com a legislação vigente (Portaria nº 230/2002 do IPHAN).

O IPHAN (Instituto do Patrimônio Histórico e Artístico Nacional) tem por competência a proteção ao patrimônio cultural brasileiro, estando presente em todo o país, com a função principal de fiscalizar, preservar, conservar e proteger o patrimônio tombado pela União. É entendido como patrimônio o patrimônio edificado, o natural, o arqueológico e o imaterial (que compreende as práticas populares, os saberes, os dizeres, as receitas e os usos, isso é, a preservação da cultura de um povo, uma sociedade).

Para além das leis específicas voltadas ao Patrimônio Arqueológico (Lei no. 3924/61, Portaria 230, 2002 IPHAN, entre outras) a legislação brasileira estabelece penas para os crimes de destruição e receptação do material (arts. 163 e 180 do Código Penal), bem como para o crime de exploração em desacordo com a autorização (art. 2º da Lei 8.176/91). Ademais, a Lei 9.605/98 estabelece crimes ambientais contra o patrimônio cultural (arts. 63 e 64).

Em relação ao processo de valoração de cavidades, é preciso considerar a possibilidade do resgate arqueológico. O programa de prospecção, o qual embasará o possível resgate, será submetido para aprovação do Centro Nacional de Arqueologia. Caso esse projeto venha a ser aprovado, a valoração das duas cavidades positivas deverá ser revista, sob o prisma exclusivo da questão arqueológica, tendo em vista a possível salvaguarda do patrimônio arqueológico sob influência do empreendimento. Esse processo contribuiria para o conhecimento arqueológico dessa região, relativamente pouco conhecida pela comunidade acadêmica nacional.

4 - VALORAÇÃO DAS CAVIDADES

4.1 - Classificação das cavidades quanto ao grau de relevância

Neste item as cavidades são avaliadas individualmente, conforme atributos relacionados na IN 2, de 20 de agosto de 2009.

4.1.1 - Classificação das cavidades em grau de relevância máxima

Para cada uma das cavidades em análise, cada um dos atributos a ser considerado na classificação da cavidade como de relevância máxima é avaliado como presente (P) ou ausente (A). A constatação da presença de quaisquer desses atributos já classifica a cavidade nesta categoria. O quadro 4.1 a seguir consolida os dados.

Como troglóbios raros e habitat para a preservação de populações geneticamente viáveis de espécies de troglóbios endêmicos ou relictos, foram considerados os táxons troglomórficos registrados até o momento apenas na área de estudo e com baixa frequência de registro. Dessa forma, as seguintes cavidades são consideradas para esses atributos e, portanto, classificadas no grau de relevância máxima: Caverna 008 (Entomobryidae sp.2) e Caverna 059 (Ochyroceratidae sp.1 e Paronellidae sp.3).

Ressalta-se aqui, contudo, que Entomobryidae sp.2 foi encontrado também em duas cavidades da amostra regional (Boca Soberba e Tocaia de Paca), a uma distância, em linha reta, de 47,8 km da cavidade 008. Tal fato pode indicar a possível ocorrência também em outras cavidades da região, o que somente poderá vir a ser confirmado mediante a realização dos estudos complementares que estão sendo realizados nos abrigos e reentrâncias do complexo minerário e nas cavidades regionais, ou mesmo em estudos desenvolvidos fora do âmbito do empreendimento. Caso isso se confirme, o empreendedor vislumbra que a valoração ora considerada como máxima para esse atributo poderá vir a ser revista.

A Caverna 072 é um sítio arqueológico, apresentando arte rupestre em pinturas e gravuras. A Caverna 039 apresentou material lítico polido. O resgate e a salvaguarda das feições arqueológicas encontradas, caso aprovada pelo órgão responsável, no caso o IPHAN, deverá também provocar a revisão da valoração para o critério arqueologia.

Classificam-se então na categoria de máxima relevância as cavernas 072, 039, 008 e 059, presentes na ADA.

QUADRO 4.1 - Quadro resumo dos atributos na classificação da cavidade como de relevância máxima

RELEVÂNCIA MÁXIMA	I - Gênese única ou rara	II - Morfologia única	III - Dimensões notáveis em extensão, área ou volume	IV - Espeleotemas únicos	V - Isolamento geográfico	VI - Abrigo essencial para a preservação de populações geneticamente viáveis de espécies animais em risco de extinção, constantes em listas oficiais	VII - Habitat essencial para preservação de populações geneticamente viáveis de espécies de troglóbios endêmicos ou relictos	VIII - Habitat de troglóbio raro	IX - Interações ecológicas únicas	X - Cavidade testemunho	XI - Destacada relevância histórico-cultural ou religiosa
Caverna 008	A	A	A	A	A	A	P	P	A	A	A
Caverna 039	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	P
Caverna 045	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A
Caverna 046	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A
Caverna 050	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A
Caverna 052	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A
Caverna 053	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A

Continuação

RELEVÂNCIA MÁXIMA	I - Gênese única ou rara	II - Morfologia única	III - Dimensões notáveis em extensão, área ou volume	IV - Espeleotemas únicos	V - Isolamento geográfico	VI - Abrigo essencial para a preservação de populações geneticamente viáveis de espécies animais em risco de extinção, constantes em listas oficiais	VII - Habitat essencial para preservação de populações geneticamente viáveis de espécies de troglóbios endêmicos ou relictos	VIII - Habitat de troglóbio raro	IX - Interações ecológicas únicas	X - Caverna testemunho	XI - Destacada relevância histórico-cultural ou religiosa
Caverna 059	A	A	P	A	A	A	P	P	A	A	A
Caverna 071	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A
Caverna 072	A	A	A	A	A	A	A	A	A	*1	P
Caverna 090	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A
Caverna 099	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A
Caverna 110	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A
Caverna 112	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A
Caverna 117	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A
Caverna 121	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A

Continuação

RELEVÂNCIA MÁXIMA	I - Gênese única ou rara	II - Morfologia única	III - Dimensões notáveis em extensão, área ou volume	IV - Espeleotemas únicos	V - Isolamento geográfico	VI - Abrigo essencial para a preservação de populações geneticamente viáveis de espécies animais em risco de extinção, constantes em listas oficiais	VII - Habitat essencial para preservação de populações geneticamente viáveis de espécies de troglóbios endêmicos ou relictos	VIII - Habitat de troglóbio raro	IX - Interações ecológicas únicas	X - Caverna testemunho	XI - Destacada relevância histórico-cultural ou religiosa
Caverna 124	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A
Caverna 126	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A
Caverna 130	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A
Caverna 134	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A
Caverna 135	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A
Caverna 144	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A
Caverna 150	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A

Continuação

RELEVÂNCIA MÁXIMA	I - Gênese única ou rara	II - Morfologia única	III - Dimensões notáveis em extensão, área ou volume	IV - Espeleotemas únicos	V - Isolamento geográfico	VI - Abrigo essencial para a preservação de populações geneticamente viáveis de espécies animais em risco de extinção, constantes em listas oficiais	VII - Habitat essencial para preservação de populações geneticamente viáveis de espécies de troglóbios endêmicos ou relictos	VIII - Habitat de troglóbio raro	IX - Interações ecológicas únicas	X - Caverna testemunho	XI - Destacada relevância histórico-cultural ou religiosa
Caverna 151	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A
Caverna 152	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A

Legenda: P=presente; A=ausente

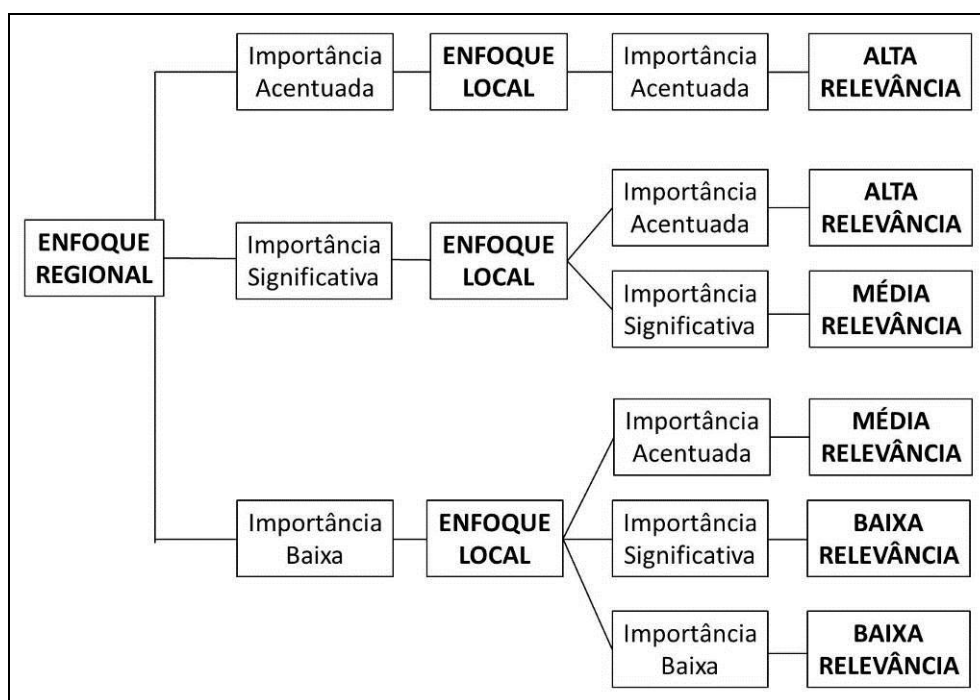
*¹ A caverna 072 é classificada como um paleotoca, por conter vestígios de icnofósseis, ainda que pouco preservados. Dado ao indicativo da existência de várias paleotocas de maior representatividade e com vestígios melhor preservados na região onde se insere o empreendimento é aqui proposto que sejam realizados novos estudos paleontológicos em outras cavidades conhecidas na mesma unidade espeleológica que tenham igualmente indicativo de paleotoca, para que se possa determinar a relevância da caverna 072 segundo a IN-MMA n° 2 / 2009, com maior embasamento técnico-científico.

4.1.2 - Classificação das cavidades em grau de relevância alta, média e baixa

4.1.2.1 - Chave de classificação do grau de relevância de cavidades naturais subterrâneas

A classificação de cavidades naturais subterrâneas em graus de relevância alta, média e baixa deverá obedecer aos preceitos contidos na chave de classificação do anexo III da IN-MMA 02/2009 exposta na Figura 4.1.

FIGURA 4.1 - Chave de classificação do grau de relevância de cavidades naturais subterrâneas



Fonte: Anexo III da IN-MMA 02/2009

Cavernas de alta relevância são aquelas que apresentam ou importância acentuada sob o enfoque regional e local ou importância significativa sob o enfoque regional e importância acentuada sob o enfoque local. Cavernas de relevância alta e sua área de influência podem ser objeto de impactos negativos irreversíveis, mediante licenciamento ambiental. Como forma de compensação, deverão ser preservadas em caráter permanente duas cavidades de relevância alta, de mesma litologia e com atributos similares aos que determinaram a classificação de alta relevância da cavidade que sofreu o impacto. Essas duas cavernas passam a ter relevância máxima e são definidas como cavernas testemunho, não podendo futuramente sofrer impactos negativos irreversíveis, nem mesmo em seu entorno de proteção (250 metros). Segundo a legislação, sempre que possível, as duas cavernas alvo de compensação devem estar situadas em área contínua e no mesmo grupo geológico da cavidade que sofreu o impacto. Não sendo isso possível, a legislação resolve que o ICMBio poderá definir, em acordo com o empreendedor, outras formas de compensação.

Cavernas de média relevância são aquelas que apresentam ou importância significativa sob o enfoque regional e local ou importância baixa sob o enfoque regional e importância acentuada sob o enfoque local. Cavernas de relevância média e sua área de influência podem ser objeto de impactos negativos irreversíveis, mediante licenciamento ambiental. Como forma de compensação, o empreendedor deverá adotar medidas e financiar ações, nos termos definidos pelo órgão ambiental competente (órgão responsável pelo licenciamento ou competente para definir compensações no âmbito do licenciamento), que contribuam para a conservação e o uso adequado do patrimônio espeleológico brasileiro, especialmente das cavernas com grau de relevância máximo e alto.

Cavernas de baixa relevância são aquelas que apresentam ou importância baixa sob o enfoque regional e local ou importância baixa sob o enfoque regional e importância significativa sob o enfoque local. Cavernas de relevância baixa e sua área de influência podem ser objeto de impactos negativos irreversíveis, mediante licenciamento ambiental. Para essas cavernas não há compensação obrigatória.

4.1.2.1.1 - Importância sob o enfoque regional

Conforme exposto no artigo 13 da IN-MMA 02/2009 e ilustrado na chave de classificação do grau de relevância de cavidades naturais subterrâneas, contida em seu anexo III (Figura 4.1), os estudos para definição do grau de relevância deverão ser iniciados com a análise das configurações de atributos sob o Enfoque Regional. As cavernas deverão ser classificadas sob o Enfoque Regional como de Importância Acentuada, Significativa ou Baixa.

Salienta-se que a caverna que apresentar Importância Acentuada sob o Enfoque Regional será necessariamente considerada de Importância Acentuada sob o Enfoque Local.

4.1.2.1.1.1 - Importância acentuada

Para cada uma das cavidades em análise, cada um dos atributos a ser considerado na classificação da cavidade como de importância acentuada sob o enfoque regional é avaliado como presente (P) ou ausente (A), sendo usado de forma a consolidar tais dados no quadro resumo (Quadro 4.2). A constatação da presença de quaisquer desses atributos já classifica a cavidade nessa categoria.

QUADRO 4.2 - Quadro resumo dos atributos considerados na classificação das cavidades como de importância acentuada sob o enfoque regional

IMPORTÂNCIA ACENTUADA SOB O ENFOQUE REGIONAL																						
	I - Localidade tipo	II - Presença de populações estabelecidas de espécies com função ecológica importante	III - Presença de táxons novos	IV - Alta riqueza de espécies	V - Alta abundância relativa de espécies	VI - Presença de composição singular da fauna	VII - Presença de troglóbios que não sejam considerados raros, endêmicos ou relictos	VIII - Presença de espécies troglomórficas	IX - Presença de troglóxeno obrigatório	X - Presença de população excepcional em tamanho	XI - Presença de espécie rara	XII - Alta projeção horizontal da cavidade em relação às demais cavidades que se distribuem na mesma unidade espeleológica, conforme definido no § 3o do art. 14, desta Instrução Normativa	XIII - Alta área da projeção horizontal da cavidade em relação às demais cavidades que se distribuem na mesma unidade espeleológica, conforme definido no § 3o do art. 14, desta Instrução Normativa	XIV - Alto volume da cavidade em relação às demais cavidades que se distribuem na mesma unidade espeleológica, conforme definido no § 3o do art. 14, desta Instrução Normativa	XV - Presença significativa de estruturas espeleogenéticas raras	XVI - Lago ou drenagem subterrânea perene com influência acentuada sobre os atributos da cavidade que tenham as configurações relacionadas nos incisos deste artigo	XVII - Diversidade da sedimentação química com muitos tipos de espeleotemas e processos de deposição	XVIII - Configuração notável dos espeleotemas	XIX - Alta influência da cavidade sobre o sistema cárstico	XX - Presença de inter-relação da cavidade com alguma de relevância máxima	XXI - Reconhecimento nacional ou mundial do valor estético/cênico da cavidade	XXII - Visitação pública na cavidade, com abrangência regional ou nacional
Caverna 008	A	A	A	A	A	A	A	P	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A
Caverna 039	A	A	P	A	A	A	A	A	A	A	P	P	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A
Caverna 045	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A
Caverna 046	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A

Continuação

IMPORTÂNCIA ACENTUADA SOB O ENFOQUE REGIONAL	I - Localidade tipo																				
	II - Presença de populações estabelecidas de espécies com função ecológica importante	III - Presença de táxons novos	IV - Alta riqueza de espécies	V - Alta abundância relativa de espécies	VI - Presença de composição singular da fauna	VII - Presença de troglóbios que não sejam considerados raros, endêmicos ou relictos	VIII - Presença de espécies troglomórficas	IX - Presença de troglóxeno obrigatório	X - Presença de população excepcional em tamanho	XI - Presença de espécie rara	XII - Alta projeção horizontal da cavidade em relação às demais cavidades que se distribuem na mesma unidade espeleológica, conforme definido no § 3o do art. 14, desta Instrução Normativa	XIII - Alta área da projeção horizontal da cavidade em relação às demais cavidades que se distribuem na mesma unidade espeleológica, conforme definido no § 3o do art. 14, desta Instrução Normativa	XIV - Alto volume da cavidade em relação às demais cavidades que se distribuem na mesma unidade espeleológica, conforme definido no § 3o do art. 14, desta Instrução Normativa	XV - Presença significativa de estruturas espeleogenéticas raras	XVI - Lago ou drenagem subterrânea perene com influência acentuada sobre os atributos da cavidade que tenham as configurações relacionadas nos incisos deste artigo	XVII - Diversidade da sedimentação química com muitos tipos de espeleotemas e processos de deposição	XVIII - Configuração notável dos espeleotemas	XIX - Alta influência da cavidade sobre o sistema cárstico	XX - Presença de inter-relação da cavidade com alguma de relevância máxima	XXI - Reconhecimento nacional ou mundial do valor estético/cênico da cavidade	XXII - Visitação pública na cavidade, com abrangência regional ou nacional
Caverna 050	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A
Caverna 052	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A
Caverna 053	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A
Caverna 059	A	A	P	P	A	A	A	P	A	A	A	P	P	A	A	P	A	A	A	A	A
Caverna 071	A	A	A	A	P	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A

Continuação

IMPORTÂNCIA ACENTUADA SOB O ENFOQUE REGIONAL	I - Localidade tipo																				
	II - Presença de populações estabelecidas de espécies com função ecológica importante	III - Presença de táxons novos	IV - Alta riqueza de espécies	V - Alta abundância relativa de espécies	VI - Presença de composição singular da fauna	VII - Presença de troglóbios que não sejam considerados raros, endêmicos ou relictos	VIII - Presença de espécies troglomórficas	IX - Presença de troglóxeno obrigatório	X - Presença de população excepcional em tamanho	XI - Presença de espécie rara	XII - Alta projeção horizontal da cavidade em relação às demais cavidades que se distribuem na mesma unidade espeleológica, conforme definido no § 3o do art. 14, desta Instrução Normativa	XIII - Alta área da projeção horizontal da cavidade em relação às demais cavidades que se distribuem na mesma unidade espeleológica, conforme definido no § 3o do art. 14, desta Instrução Normativa	XIV - Alto volume da cavidade em relação às demais cavidades que se distribuem na mesma unidade espeleológica, conforme definido no § 3o do art. 14, desta Instrução Normativa	XV - Presença significativa de estruturas espeleogenéticas raras	XVI - Lago ou drenagem subterrânea perene com influência acentuada sobre os atributos da cavidade que tenham as configurações relacionadas nos incisos deste artigo	XVII - Diversidade da sedimentação química com muitos tipos de espeleotemas e processos de deposição	XVIII - Configuração notável dos espeleotemas	XIX - Alta influência da cavidade sobre o sistema cárstico	XX - Presença de inter-relação da cavidade com alguma de relevância máxima	XXI - Reconhecimento nacional ou mundial do valor estético/cênico da cavidade	XXII - Visitação pública na cavidade, com abrangência regional ou nacional
Caverna 072	A	P	A	A	P	A	A	A	A	P	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A
Caverna 090	A	P	A	P	P	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A
Caverna 099	A	A	A	P	A	A	A	A	A	A	A	A	A	P	A	A	A	A	A	A	A
Caverna 110	A	A	A	A	P	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A

Continuação

IMPORTÂNCIA ACENTUADA SOB O ENFOQUE REGIONAL	I - Localidade tipo																				
	II - Presença de populações estabelecidas de espécies com função ecológica importante	III - Presença de táxons novos	IV - Alta riqueza de espécies	V - Alta abundância relativa de espécies	VI - Presença de composição singular da fauna	VII - Presença de troglóbios que não sejam considerados raros, endêmicos ou relictos	VIII - Presença de espécies troglomórficas	IX - Presença de troglóxeno obrigatório	X - Presença de população excepcional em tamanho	XI - Presença de espécie rara	XII - Alta projeção horizontal da cavidade em relação às demais cavidades que se distribuem na mesma unidade espeleológica, conforme definido no § 3o do art. 14, desta Instrução Normativa	XIII - Alta área da projeção horizontal da cavidade em relação às demais cavidades que se distribuem na mesma unidade espeleológica, conforme definido no § 3o do art. 14, desta Instrução Normativa	XIV - Alto volume da cavidade em relação às demais cavidades que se distribuem na mesma unidade espeleológica, conforme definido no § 3o do art. 14, desta Instrução Normativa	XV - Presença significativa de estruturas espeleogenéticas raras	XVI - Lago ou drenagem subterrânea perene com influência acentuada sobre os atributos da cavidade que tenham as configurações relacionadas nos incisos deste artigo	XVII - Diversidade da sedimentação química com muitos tipos de espeleotemas e processos de deposição	XVIII - Configuração notável dos espeleotemas	XIX - Alta influência da cavidade sobre o sistema cárstico	XX - Presença de inter-relação da cavidade com alguma de relevância máxima	XXI - Reconhecimento nacional ou mundial do valor estético/cênico da cavidade	XXII - Visitação pública na cavidade, com abrangência regional ou nacional
Caverna 112	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A
Caverna 117	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A
Caverna 121	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A
Caverna 124	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	P	A	A	A	A	A	A

Continuação

IMPORTÂNCIA ACENTUADA SOB O ENFOQUE REGIONAL	I - Localidade tipo																				
	II - Presença de populações estabelecidas de espécies com função ecológica importante	III - Presença de táxons novos	IV - Alta riqueza de espécies	V - Alta abundância relativa de espécies	VI - Presença de composição singular da fauna	VII - Presença de troglóbios que não sejam considerados raros, endêmicos ou relictos	VIII - Presença de espécies troglomórficas	IX - Presença de troglóxeno obrigatório	X - Presença de população excepcional em tamanho	XI - Presença de espécie rara	XII - Alta projeção horizontal da cavidade em relação às demais cavidades que se distribuem na mesma unidade espeleológica, conforme definido no § 3o do art. 14, desta Instrução Normativa	XIII - Alta área da projeção horizontal da cavidade em relação às demais cavidades que se distribuem na mesma unidade espeleológica, conforme definido no § 3o do art. 14, desta Instrução Normativa	XIV - Alto volume da cavidade em relação às demais cavidades que se distribuem na mesma unidade espeleológica, conforme definido no § 3o do art. 14, desta Instrução Normativa	XV - Presença significativa de estruturas espeleogenéticas raras	XVI - Lago ou drenagem subterrânea perene com influência acentuada sobre os atributos da cavidade que tenham as configurações relacionadas nos incisos deste artigo	XVII - Diversidade da sedimentação química com muitos tipos de espeleotemas e processos de deposição	XVIII - Configuração notável dos espeleotemas	XIX - Alta influência da cavidade sobre o sistema cárstico	XX - Presença de inter-relação da cavidade com alguma de relevância máxima	XXI - Reconhecimento nacional ou mundial do valor estético/cênico da cavidade	XXII - Visitação pública na cavidade, com abrangência regional ou nacional
Caverna 126	A	P	A	A	P	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A
Caverna 130	A	P	A	P	P	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A
Caverna 134	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A
Caverna 135	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A

Em relação às espeleometria, para obter o status de importância acentuada regional, é necessário que as cavernas apresentem alta projeção horizontal ou alta área ou alto volume. Para tanto, de acordo com o quadro 4.3, as cavernas estudadas devem apresentar valores acima de 41,15 m de projeção horizontal e/ou 168,9 m² de área e/ou, 326,96 m³ de volume.

QUADRO 4.3 - Parâmetros espeleométricos das cavernas no enfoque regional

Escala Regional	PH	Desnível	Área	Volume
Média	18,9	1,6	57,6	107,5
Desvio Padrão	22,2	1,3	111,2	219,4
Alto (> $\mu + \sigma$)	41,1	> 1,6	168,8	326,9
Médio - Intervalo entre ($\mu - \sigma$) e ($\mu + \sigma$)	-3,2* e 41,1		-53,5* e 168,8	-111,9* e 326,9
Baixo (< $\mu - \sigma$)	-3,2*		-53,5*	-111,9*
Máxima (5 x média regional)	94,7		288,3	537,5

Conforme demonstra o quadro 4.2, foi possível verificar que as cavernas 039 e 059 recebem status de alta projeção horizontal. Quanto ao atributo área, a Caverna 059 recebe status alto nesse quesito. Também é possível observar no Quadro 4.4 que a Caverna Mocororô é a única que apresenta dimensão expressiva, acima da média no contexto local.

Até o momento, táxons novos confirmados por especialistas a partir de estudos comparativos e em andamento, incluem o pílião *Spaeleoleptes* sp.n.1 (Escadabiidae), pelo Prof. Dr. Adriano Kury (local de depósito: Museu Nacional, UFRJ), com ocorrência nas cavidades 039 e 059.

A presença de populações estabelecidas de espécies com função ecológica importante atribuída ao grupo dos quirópteros por constituírem recurso importante para a fauna de invertebrados é reconhecida nas cavidades 072 (*Mimon bennettii* e *Glossophaga soricina*), 090 (*Peropteryx kappleri*), 126 (*Glossophaga soricina*), 130 (*Glossophaga soricina* e *Micronycteris microtis*).

Os valores de riqueza absoluta de espécies para as cavidades foram obtidos considerando o número de morfoespécies registrado. A média da riqueza absoluta e respectivo desvio padrão (28±12 espécies) foi utilizada como base para fim de classificação das riquezas das cavidades em alta, média e baixa. Foi considerada riqueza alta aquelas acima da [média + desvio padrão] (acima de 40 espécies), observada para as cavidades 059 e 099, destacadas em vermelho no quadro 3.11.

Para o grupo de quirópteros foi considerado alta riqueza quando a cavidade apresentasse três ou mais espécies, o que ocorreu nas Cavernas 090 e 130. Para alta abundância relativa de espécies (intervalo de 100% a 60%) foram constatadas as cavidades 072, 090, 130, 144. Presença de espécie rara para o Estado de Minas Gerais foi detectada na Caverna 039 (*Furipterus horrens*) e espécie considerada pouco capturada na Caverna 072 (*Mimon bennettii*).

Os resultados de abundância relativa, considerando espécies maiores de 1 cm, indicaram relevância alta (30% ou mais de espécies abundantes) (Quadro 3.11) para as cavidades 071, 110, 126, 150 e 152.

Com presença dos organismos troglomórficos considerados raros foram enquadradas as cavidades 08 e 059.

QUADRO 4.4 - Parâmetros espeleométricos das cavernas no enfoque regional

Cavidade	Altitude	Projeção Horizontal (m)	Desnível (m)	Área (m ²)	Volume (m ³)	Área de Influência
8	837	7,5	0,6	14,6	27,4	ADA
39	775	46,2	2,1	90,6	85,5	ADA
45	804	8,1	0,4	5,9	4,7	ADA
46	807	9,7	0,6	11,4	15	ADA
50	809	5	0,5	14,9	21,5	ADA
52	836	12,4	2,9	60,9	303,6	All
53	845	12,1	2,7	34	150,8	All
59	829	74,8	2,4	260,2	325,9	ADA
71	802	7,6	0,5	5,7	4	ADA
72	852	36,5	2	94,8	105,9	ADA
90	774	8,3	1,6	15,8	46,6	ADA
99	821	17,4	1,6	13,4	26,2	ADA
110	783	21	0,9	81	91,1	ADA
112	807	7,4	1,8	7,9	5,6	ADA
117	779	9,4	0,3	14,8	12,1	ADA
121	799	8,4	0,6	7,7	4,6	ADA
124	737	12	2,1	19,8	30,7	ADA
126	770	7,5	0,3	14,6	38,3	ADA
130	803	5,2	1	13,3	10,4	ADA
134	721	8	1,1	28,4	28,7	ADA
135	740	5,3	1,6	54,9	151,1	ADA
144	810	12,5	1,2	11,3	3,8	ADA
150	814	15,4	0,5	31,5	80,4	ADA
151	808	8,2	2,4	31,1	58,5	ADA
152	842	28,8	2,2	20,2	60,7	ADA
Mocororô	930	96,5	7,1	539,3	1100,9	

4.1.2.1.1.2 - Importância significativa

Para cada uma das cavidades em análise, cada um dos atributos a ser considerado na classificação da cavidade como de importância significativa sob o enfoque regional é avaliado como presente (P) ou ausente (A), sendo usado de forma a consolidar tais dados o quadro resumo (Quadro 4.5). A constatação da presença de quaisquer desses atributos já classifica a cavidade nessa categoria.

A presença de singularidade dos elementos faunísticos sob enfoque regional foi constatada para o grupo dos quirópteros na Caverna 130 (*Micronycteris microtis*).

Em relação à espeleometria, com exceção das cavernas 039 e 059, todas as cavidades estudadas apresentam valores dimensionais entre (média + desvio padrão) e (média - desvio padrão) para os parâmetros projeção horizontal, área e volume (Quadro 4.4), fato que lhes atribui o status médio quanto a esses parâmetros.

Quanto ao parâmetro volume, apenas as cavernas 039, 052, 053, 059, 072, 090, 112, 124, 135, 151 e 152 apresentam medidas acima da média, sendo consideradas como de alto volume.

Sendo assim, com exceção das cavernas 039 e 059, todas as cavidades estudadas foram classificadas como de importância significativa sob enfoque regional, por receberem status de média projeção horizontal, média área, médio volume e/ou alto desnível.

A presença de singularidade dos elementos faunísticos sob enfoque regional foi considerada para a Caverna 059 (riqueza alta).

QUADRO 4.5 - Quadro resumo dos atributos considerados na classificação das cavidades como de importância significativa sob o enfoque regional

IMPORTÂNCIA SIGNIFICATIVA SOB O ENFOQUE REGIONAL											
	I - Presença de singularidade dos elementos faunísticos sob enfoque regional	II - Média projeção horizontal da cavidade em relação às demais cavidades que se distribuem na mesma unidade espeleológica, conforme definido no § 3o do art. 14, desta Instrução Normativa	III - Média área da projeção horizontal da cavidade em relação às demais cavidades que se distribuem na mesma unidade espeleológica, conforme definido no § 3o do art. 14, desta Instrução Normativa	IV - Alto desnível da cavidade em relação às demais cavidades que se distribuem na mesma unidade espeleológica, conforme definido no § 3o do art. 14, desta Instrução Normativa	V - Médio volume da cavidade em relação às demais cavidades que se distribuem na mesma unidade espeleológica, conforme definido no § 3o do art. 14, desta Instrução Normativa	VI - Presença de estruturas espeleogenéticas raras	VII - Lago ou drenagem subterrânea intermitente com influência significativa sobre os atributos da cavidade que tenham as configurações relacionadas nos incisos deste artigo	VIII - Diversidade da sedimentação química com muitos tipos de espeleotemas ou processos de deposição	IX - Sedimentação clástica ou química com valor científico	X - Reconhecimento regional do valor estético/cênico da cavidade	XI - Uso constante, periódico ou sistemático para fins educacionais, recreativos ou esportivos
Caverna 008	A	P	P	A	P	A	A	A	A	A	A
Caverna 039	A	P	P	P	P	A	A	A	A	A	A
Caverna 045	A	P	P	A	P	A	A	A	A	A	A
Caverna 046	A	P	P	A	P	A	A	A	A	A	A

Continuação

IMPORTÂNCIA SIGNIFICATIVA SOB O ENFOQUE REGIONAL											
	I - Presença de singularidade dos elementos faunísticos sob enfoque regional	II - Média projeção horizontal da cavidade em relação às demais cavidades que se distribuem na mesma unidade espeleológica, conforme definido no § 3o do art. 14, desta Instrução Normativa	III - Média área da projeção horizontal da cavidade em relação às demais cavidades que se distribuem na mesma unidade espeleológica, conforme definido no § 3o do art. 14, desta Instrução Normativa	IV - Alto desnível da cavidade em relação às demais cavidades que se distribuem na mesma unidade espeleológica, conforme definido no § 3o do art. 14, desta Instrução Normativa	V - Médio volume da cavidade em relação às demais cavidades que se distribuem na mesma unidade espeleológica, conforme definido no § 3o do art. 14, desta Instrução Normativa	VI - Presença de estruturas espeleogenéticas raras	VII - Lago ou drenagem subterrânea intermitente com influência significativa sobre os atributos da cavidade que tenham as configurações relacionadas nos incisos deste artigo	VIII - Diversidade da sedimentação química com muitos tipos de espeleotemas ou processos de deposição	IX - Sedimentação clástica ou química com valor científico	X - Reconhecimento regional do valor estético/cênico da cavidade	XI - Uso constante, periódico ou sistemático para fins educacionais, recreativos ou esportivos
Caverna 050	A	P	P	A	P	A	A	A	A	A	A
Caverna 052	A	P	P	P	P	A	A	A	A	A	A
Caverna 053	A	P	P	P	P	A	A	A	A	A	A
Caverna 059	P	P	P	P	P	A	A	A	A	A	A
Caverna 071	A	P	P	A	P	A	A	A	A	A	A
Caverna 072	A	P	P	P	P	A	A	A	A	A	A
Caverna 090	A	P	P	P	P	A	A	A	A	A	A

Continuação

IMPORTÂNCIA SIGNIFICATIVA SOB O ENFOQUE REGIONAL											
	I - Presença de singularidade dos elementos faunísticos sob enfoque regional	II - Média projeção horizontal da cavidade em relação às demais cavidades que se distribuem na mesma unidade espeleológica, conforme definido no § 3o do art. 14, desta Instrução Normativa	III - Média área da projeção horizontal da cavidade em relação às demais cavidades que se distribuem na mesma unidade espeleológica, conforme definido no § 3o do art. 14, desta Instrução Normativa	IV - Alto desnível da cavidade em relação às demais cavidades que se distribuem na mesma unidade espeleológica, conforme definido no § 3o do art. 14, desta Instrução Normativa	V - Médio volume da cavidade em relação às demais cavidades que se distribuem na mesma unidade espeleológica, conforme definido no § 3o do art. 14, desta Instrução Normativa	VI - Presença de estruturas espeleogenéticas raras	VII - Lago ou drenagem subterrânea intermitente com influência significativa sobre os atributos da cavidade que tenham as configurações relacionadas nos incisos deste artigo	VIII - Diversidade da sedimentação química com muitos tipos de espeleotemas ou processos de deposição	IX - Sedimentação clástica ou química com valor científico	X - Reconhecimento regional do valor estético/cênico da cavidade	XI - Uso constante, periódico ou sistemático para fins educacionais, recreativos ou esportivos
Caverna 099	A	P	P	A	P	A	A	A	A	A	A
Caverna 110	A	P	P	A	P	A	A	A	A	A	A
Caverna 112	A	P	P	P	P	A	A	A	A	A	A
Caverna 117	A	P	P	A	P	A	P	A	A	A	A
Caverna 121	A	P	P	A	P	A	A	A	A	A	A
Caverna 124	A	P	P	P	P	A	A	A	A	A	A
Caverna 126	A	P	P	A	P	A	A	A	A	A	A

Continuação

IMPORTÂNCIA SIGNIFICATIVA SOB O ENFOQUE REGIONAL											
	I - Presença de singularidade dos elementos faunísticos sob enfoque regional	II - Média projeção horizontal da cavidade em relação às demais cavidades que se distribuem na mesma unidade espeleológica, conforme definido no § 3o do art. 14, desta Instrução Normativa	III - Média área da projeção horizontal da cavidade em relação às demais cavidades que se distribuem na mesma unidade espeleológica, conforme definido no § 3o do art. 14, desta Instrução Normativa	IV - Alto desnível da cavidade em relação às demais cavidades que se distribuem na mesma unidade espeleológica, conforme definido no § 3o do art. 14, desta Instrução Normativa	V - Médio volume da cavidade em relação às demais cavidades que se distribuem na mesma unidade espeleológica, conforme definido no § 3o do art. 14, desta Instrução Normativa	VI - Presença de estruturas espeleogenéticas raras	VII - Lago ou drenagem subterrânea intermitente com influência significativa sobre os atributos da cavidade que tenham as configurações relacionadas nos incisos deste artigo	VIII - Diversidade da sedimentação química com muitos tipos de espeleotemas ou processos de deposição	IX - Sedimentação clástica ou química com valor científico	X - Reconhecimento regional do valor estético/cênico da cavidade	XI - Uso constante, periódico ou sistemático para fins educacionais, recreativos ou esportivos
Caverna 130	P	P	P	A	P	A	A	A	A	A	A
Caverna 134	A	P	P	A	P	A	A	A	A	A	A
Caverna 135	A	P	P	P	P	A	A	A	A	A	A
Caverna 144	A	P	P	A	P	A	A	A	A	A	A
Caverna 150	A	P	P	A	P	A	A	A	A	A	A
Caverna 151	A	P	P	P	P	A	A	A	A	A	A
Caverna 152	A	P	P	P	P	A	A	A	A	A	A

Legenda: P presente; A=ausente

4.1.2.1.1.3 - Importância baixa

A cavidade será considerada de Importância Baixa sob o Enfoque Regional quando a configuração de atributos não for considerada de importância acentuada ou significativa (artigo 12 da IN/MMA 02/2009).

4.1.2.1.2 - Importância sob o enfoque local

Após a avaliação da importância dos atributos das cavidades sob o Enfoque Regional, essas deverão ser classificadas também sob o Enfoque Local, como de Importância Acentuada, Significativa ou Baixa.

4.1.2.1.2.1 - Importância acentuada

Para cada uma das cavidades em análise, cada um dos atributos a ser considerado na classificação da cavidade como de importância acentuada sob o enfoque local é avaliado como presente (P) ou ausente (A), sendo usado de forma a consolidar tais dados o quadro resumo (Quadro 4.5). A constatação da presença de quaisquer desses atributos já classifica a cavidade nessa categoria.

Em relação à espeleometria, para obter o status de importância acentuada local, é necessário que as cavernas apresentem alta projeção horizontal ou alta área ou alto volume. No caso da área de estudo, o universo amostral de cavernas utilizadas para a classificação dos enfoques é o mesmo tanto para o enfoque local quanto regional. Tal definição foi utilizada em acordo com o IBAMA, que em ofício ressaltou que tal comparação é pertinente, uma vez que na região a unidade espeleológica não se restringe à área do empreendimento, mas alcança outras porções com características geológicas, geomorfológicas e topográficas similares.

Sendo assim, a classificação sobre enfoque local é idêntica para o enfoque regional, ficando as cavernas 039 e 059 com classificação alta em relação à projeção horizontal, a caverna 059 com classificação alta em relação à área, enquanto a caverna do Mocarorô foi a que apresentou as maiores dimensões quanto à projeção, desnível, área e volume.

É possível observar no Quadro 4.3, contido no tópico 4.1.2.1.1.1, que as cavernas estudadas devem apresentar valores acima de 41,15 m de projeção horizontal e/ou 168,9 m² de área e/ou 326,96 m³ de volume para serem classificadas como de alta ou máxima. Já no Quadro 4.4 é possível ver a classificação de cada critério para todas as cavidades.

População residente de quirópteros foi encontrada nas cavidades 072 (*Mimon bennettii* e *Glossophaga soricina*), 090 (*Peropteryx kappleri*), 126 (*Glossophaga soricina*) e 130 (*Micronycteris microtis* e *Glossophaga soricina*). Média riqueza de espécies desse grupo (presença de duas espécies na mesma cavidade) foi detectada nas cavidades 039, 072 e 130, enquanto média abundância relativa de espécies (intervalo entre 60% e 40%) foi encontrada na cavidade 130.

Ninhos vazios de aves foram encontrados nas cavidades 039, 046, 059, 071, 090 e 112. A presença de ninhos de aves foi considerada como indicativo de uso para nidificação de aves silvestres. Embora não tenham sido observados grandes números de ninhos, não é conhecido de que forma a nidificação em cavidades influencia a conservação das populações de aves que apresentam caracteristicamente baixa densidade populacional.

Para a alta diversidade de substratos orgânicos foram consideradas as cavidades com quatro ou mais recursos orgânicos (Quadro 3.9): 039, 050, 052, 059, 071, 072, 090, 099, 110, 112, 117, 121, 124, 130, 134 e 151.

Os valores de riqueza absoluta de espécies para as cavidades foram obtidos considerando o número de morfoespécies de invertebrados e vertebrados registrados. A média da riqueza absoluta e respectivo desvio padrão (28 ± 12 espécies) foram utilizados como base para fim de classificação das riquezas das cavidades em alta, média e baixa. Foram consideradas riquezas médias aquelas dentro do intervalo da [média \pm desvio] padrão (entre 16 e 40 espécies), observadas nas cavidades destacadas em cor laranja no quadro 3.11: 008, 039, 045, 046, 053, 071, 072, 110, 112, 117, 121, 124, 126, 130, 134, 135, 144, 148, 151 e 152.

Os resultados de abundância relativa, considerando espécies maiores de um centímetro, indicaram relevância média (de 10 a 30% de espécies com abundância alta; Quadro 3.11) as cavidades: 008, 039, 045, 046, 052, 053, 059, 072, 090, 099, 112, 117, 121, 124, 130, 134, 135, 144, 151.

Como presença de singularidade dos elementos faunísticos, a Caverna 059 destaca-se pela riqueza alta.

QUADRO 4.6 - Quadro resumo dos atributos considerados na classificação das cavidades como de importância acentuada sob o enfoque local

IMPORTÂNCIA ACENTUADA SOB O ENFOQUE LOCAL	I - População residente de quirópteros	II - Constatação de uso da cavidade por aves silvestres como local de nidificação	III - Alta diversidade de substratos orgânicos	IV - Média riqueza de espécies	V - Média abundância relativa de espécies	VI - Constatação de uso da cavidade por espécies migratórias	VII - Presença de singularidade dos elementos faunísticos da cavidade sob enfoque local	VIII - Presença de estrutura geológica de interesse científico	IX - Presença de registros paleontológicos	X - Reconhecimento local do valor estético/cênico da cavidade	XI - Visitação pública sistemática na cavidade, com abrangência local	XII - Presença de água de percolação ou condensação com influência acentuada sobre os atributos da cavidade que tenham as configurações relacionadas nos incisos deste artigo	XIII - Lago ou drenagem subterrânea intermitente com influência acentuada sobre os atributos da cavidade que tenham as configurações relacionadas nos incisos deste artigo
Caverna 008	A	A	A	P	P	A	A	A	A	A	A	A	A
Caverna 039	A	P	P	P	P	A	A	A	A	A	A	A	A
Caverna 045	A	A	A	P	P	A	A	A	A	A	A	A	A
Caverna 046	A	P	A	P	P	A	A	A	A	A	A	A	A
Caverna 050	A	A	P	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A

Continuação

IMPORTÂNCIA ACENTUADA SOB O ENFOQUE LOCAL	I - População residente de quirópteros	II - Constatação de uso da cavidade por aves silvestres como local de nidificação	III - Alta diversidade de substratos orgânicos	IV - Média riqueza de espécies	V - Média abundância relativa de espécies	VI - Constatação de uso da cavidade por espécies migratórias	VII - Presença de singularidade dos elementos faunísticos da cavidade sob enfoque local	VIII - Presença de estrutura geológica de interesse científico	IX - Presença de registros paleontológicos	X - Reconhecimento local do valor estético/cênico da cavidade	XI - Visitação pública sistemática na cavidade, com abrangência local	XII - Presença de água de percolação ou condensação com influência acentuada sobre os atributos da cavidade que tenham as configurações relacionadas nos incisos deste artigo	XIII - Lago ou drenagem subterrânea intermitente com influência acentuada sobre os atributos da cavidade que tenham as configurações relacionadas nos incisos deste artigo
	Caverna 052	A	A	P	A	P	A	A	A	A	A	A	A
Caverna 053	A	A	A	P	P	A	A	A	A	A	A	A	A
Caverna 059	A	P	P	A	P	A	P	A	A	A	A	A	A
Caverna 071	A	P	P	P	A	A	A	A	A	A	A	A	A
Caverna 072	P	A	P	P	P	A	A	A	P	A	A	A	A
Caverna 090	P	P	P	A	P	A	A	A	A	A	A	A	A

Continuação

IMPORTÂNCIA ACENTUADA SOB O ENFOQUE LOCAL	I - População residente de quirópteros	II - Constatação de uso da cavidade por aves silvestres como local de nidificação	III - Alta diversidade de substratos orgânicos	IV - Média riqueza de espécies	V - Média abundância relativa de espécies	VI - Constatação de uso da cavidade por espécies migratórias	VII - Presença de singularidade dos elementos faunísticos da cavidade sob enfoque local	VIII - Presença de estrutura geológica de interesse científico	IX - Presença de registros paleontológicos	X - Reconhecimento local do valor estético/cênico da cavidade	XI - Visitação pública sistemática na cavidade, com abrangência local	XII - Presença de água de percolação ou condensação com influência acentuada sobre os atributos da cavidade que tenham as configurações relacionadas nos incisos deste artigo	XIII - Lago ou drenagem subterrânea intermitente com influência acentuada sobre os atributos da cavidade que tenham as configurações relacionadas nos incisos deste artigo
Caverna 099	A	A	P	A	P	A	A	A	A	A	A	A	A
Caverna 110	P	A	P	P	A	A	A	A	A	A	A	A	A
Caverna 112	A	P	P	P	P	A	A	A	A	A	A	A	A
Caverna 117	P	A	P	P	P	A	A	A	A	A	A	A	A
Caverna 121	A	A	P	P	P	A	A	A	A	A	A	A	A
Caverna 124	A	A	P	P	P	A	A	A	A	A	A	A	A

Continuação

IMPORTÂNCIA ACENTUADA SOB O ENFOQUE LOCAL	I - População residente de quirópteros	II - Constatação de uso da cavidade por aves silvestres como local de nidificação	III - Alta diversidade de substratos orgânicos	IV - Média riqueza de espécies	V - Média abundância relativa de espécies	VI - Constatação de uso da cavidade por espécies migratórias	VII - Presença de singularidade dos elementos faunísticos da cavidade sob enfoque local	VIII - Presença de estrutura geológica de interesse científico	IX - Presença de registros paleontológicos	X - Reconhecimento local do valor estético/cênico da cavidade	XI - Visitação pública sistemática na cavidade, com abrangência local	XII - Presença de água de percolação ou condensação com influência acentuada sobre os atributos da cavidade que tenham as configurações relacionadas nos incisos deste artigo	XIII - Lago ou drenagem subterrânea intermitente com influência acentuada sobre os atributos da cavidade que tenham as configurações relacionadas nos incisos deste artigo
Caverna 126	P	A	A	P	A	A	A	A	A	A	A	A	A
Caverna 130	P	A	P	P	P	A	P	A	A	A	A	A	A
Caverna 134	P	A	P	P	P	A	A	A	A	A	A	A	A
Caverna 135	A	A	A	P	P	A	A	A	A	A	A	A	A
Caverna 144	A	A	A	P	P	A	A	A	A	A	A	A	A
Caverna 150	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A

Continuação

IMPORTÂNCIA ACENTUADA SOB O ENFOQUE LOCAL	I - População residente de quirópteros	II - Constatação de uso da cavidade por aves silvestres como local de nidificação	III - Alta diversidade de substratos orgânicos	IV - Média riqueza de espécies	V - Média abundância relativa de espécies	VI - Constatação de uso da cavidade por espécies migratórias	VII - Presença de singularidade dos elementos faunísticos da cavidade sob enfoque local	VIII - Presença de estrutura geológica de interesse científico	IX - Presença de registros paleontológicos	X - Reconhecimento local do valor estético/cênico da cavidade	XI - Visitação pública sistemática na cavidade, com abrangência local	XII - Presença de água de percolação ou condensação com influência acentuada sobre os atributos da cavidade que tenham as configurações relacionadas nos incisos deste artigo	XIII - Lago ou drenagem subterrânea intermitente com influência acentuada sobre os atributos da cavidade que tenham as configurações relacionadas nos incisos deste artigo
Caverna 151	A	A	P	P	P	A	A	A	A	A	A	A	A
Caverna 152	A	A	A	P	A	A	A	A	A	A	A	A	A

Legenda: P=presente; A=ausente

4.1.2.1.2.2 - Importância significativa

Para cada uma das cavidades em análise, cada um dos atributos a ser considerado na classificação da cavidade como de importância significativa sob o enfoque local é avaliado como presente (P) ou ausente (A), sendo usado de forma a consolidar tais dados o quadro resumo (Quadro 4.6). A constatação da presença de quaisquer desses atributos já classifica a cavidade nessa categoria.

Em relação à espeleometria, com exceção das cavernas 039 e 059, todas as cavidades estudadas apresentam valores dimensionais entre (média + desvio padrão) e (média - desvio padrão) para os parâmetros projeção horizontal, área e volume (Quadro 4.4), fato este que lhes atribui o status médio para esses parâmetros avaliados.

Quanto ao parâmetro volume, apenas as cavernas 039, 052, 053, 059, 072, 090, 099, 112, 124, 135, 151 e 152 apresentam medidas acima da média, sendo consideradas como de alto volume.

Sendo assim, com exceção das cavernas 039 e 059, todas as cavidades estudadas foram classificadas como de importância significativa sob o enfoque local, por receberem status de média projeção horizontal, média área, médio volume e/ou alto desnível.

Para a baixa diversidade de substratos orgânicos foram consideradas as cavidades com menos de quatro recursos orgânicos (Quadro 3.9): 008, 045, 046, 053, 126, 135, 144, 150 e 152.

Para a baixa riqueza de espécies de quirópteros foram consideradas cavidades que apresentassem apenas uma espécie: 053, 110, 126, 127, 134, 144, 148, 151, 152 e baixa abundância relativa de espécies (abaixo de 40%) para a Caverna 130.

Os valores de riqueza absoluta de espécies para as cavidades foram obtidos considerando o número de morfoespécies de invertebrados e vertebrados registrados. A média da riqueza absoluta e o respectivo desvio padrão (28 ± 12 espécies) foram utilizados como base para fim de classificação das riquezas das cavidades em alta, média e baixa. Foi considerada riqueza baixa aquela menor que a [média - desvio padrão] (menos de 16 espécies), observada para as sete cavidades destacadas em cor amarelo no Quadro 3.11: 050, 052, 090 e 150.

Os resultados de abundância relativa, considerando espécies maiores de 1 cm, indicaram relevância baixa (menos de 10%; Quadro 3.11) para a Caverna 050.

Quanto à presença de singularidade dos elementos faunísticos sob o enfoque local, a Caverna 059 destaca-se pela riqueza alta.

QUADRO 4.7 - Quadro resumo dos atributos considerados na classificação das cavidades como de importância significativa sob o enfoque local

IMPORTÂNCIA SIGNIFICATIVA SOB O ENFOQUE LOCAL													
	I - Baixa diversidade de substratos orgânicos	II - Baixa riqueza de espécies	III - Baixa abundância relativa de espécies	IV - Presença de singularidade dos elementos faunísticos sob enfoque local	V - Média projeção horizontal da cavidade em relação às demais cavidades que se distribuem na mesma unidade geomorfológica, conforme definido no § 1º do art. 14, desta Instrução Normativa	VI - Média área da projeção horizontal da cavidade em relação às demais cavidades que se distribuem na mesma unidade geomorfológica, conforme definido no § 1º do art. 14, desta Instrução Normativa	VII - Alto desnível da cavidade em relação às demais cavidades que se distribuem na mesma unidade geomorfológica, conforme definido no § 1º do art. 14, desta Instrução Normativa	VIII - Médio volume da cavidade em relação às demais cavidades que se distribuem na mesma unidade geomorfológica, conforme definido no § 1º do art. 14, desta Instrução Normativa	IX - Poucos tipos de espeleotemas e processos de deposição em termos de diversidade de sedimentação química	X - Uso esporádico ou casual para fins educacionais, recreativos ou esportivos	XI - Visitação pública esporádica ou casual na cavidade	XII - Presença de água de percolação ou condensação com influência sobre os atributos da cavidade que tenham as configurações relacionadas nos incisos deste artigo	XIII - Lago ou drenagem subterrânea intermitente com influência sobre os atributos da cavidade que tenham as configurações relacionadas nos incisos deste artigo
Caverna 008	P	A	A	A	P	P	A	P	A	A	A	A	A
Caverna 039	A	A	A	A	P	P	P	P	A	A	A	A	A
Caverna 045	P	A	A	A	P	P	A	P	A	A	A	A	A

Continuação

IMPORTÂNCIA SIGNIFICATIVA SOB O ENFOQUE LOCAL														
	I - Baixa diversidade de substratos orgânicos	II - Baixa riqueza de espécies	III - Baixa abundância relativa de espécies	IV - Presença de singularidade dos elementos faunísticos sob enfoque local	V - Média projeção horizontal da cavidade em relação às demais cavidades que se distribuem na mesma unidade geomorfológica, conforme definido no § 1º do art. 14, desta Instrução Normativa	VI - Média área da projeção horizontal da cavidade em relação às demais cavidades que se distribuem na mesma unidade geomorfológica, conforme definido no § 1º do art. 14, desta Instrução Normativa	VII - Alto desnível da cavidade em relação às demais cavidades que se distribuem na mesma unidade geomorfológica, conforme definido no § 1º do art. 14, desta Instrução Normativa	VIII - Médio volume da cavidade em relação às demais cavidades que se distribuem na mesma unidade geomorfológica, conforme definido no § 1º do art. 14, desta Instrução Normativa	IX - Poucos tipos de espeleotemas e processos de deposição em termos de diversidade de sedimentação química	X - Uso esporádico ou casual para fins educacionais, recreativos ou esportivos	XI - Visitação pública esporádica ou casual na cavidade	XII - Presença de água de percolação ou condensação com influência sobre os atributos da cavidade que tenham as configurações relacionadas nos incisos deste artigo	XIII - Lago ou drenagem subterrânea intermitente com influência sobre os atributos da cavidade que tenham as configurações relacionadas nos incisos deste artigo	
Caverna 046	P	A	A	A	P	P	A	P	A	A	A	A	A	
Caverna 050	A	P	P	A	P	P	A	P	A	A	A	A	A	
Caverna 052	A	P	A	A	P	P	P	P	A	A	A	A	A	
Caverna 053	P	P	A	A	P	P	P	P	A	A	A	A	A	
Caverna 059	A	A	A	P	P	P	P	P	A	A	A	A	A	

Continuação

IMPORTÂNCIA SIGNIFICATIVA SOB O ENFOQUE LOCAL														
	I - Baixa diversidade de substratos orgânicos	II - Baixa riqueza de espécies	III - Baixa abundância relativa de espécies	IV - Presença de singularidade dos elementos faunísticos sob enfoque local	V - Média projeção horizontal da cavidade em relação às demais cavidades que se distribuem na mesma unidade geomorfológica, conforme definido no § 1º do art. 14, desta Instrução Normativa	VI - Média área da projeção horizontal da cavidade em relação às demais cavidades que se distribuem na mesma unidade geomorfológica, conforme definido no § 1º do art. 14, desta Instrução Normativa	VII - Alto desnível da cavidade em relação às demais cavidades que se distribuem na mesma unidade geomorfológica, conforme definido no § 1º do art. 14, desta Instrução Normativa	VIII - Médio volume da cavidade em relação às demais cavidades que se distribuem na mesma unidade geomorfológica, conforme definido no § 1º do art. 14, desta Instrução Normativa	IX - Poucos tipos de espeleotemas e processos de deposição em termos de diversidade de sedimentação química	X - Uso esporádico ou casual para fins educacionais, recreativos ou esportivos	XI - Visitação pública esporádica ou casual na cavidade	XII - Presença de água de percolação ou condensação com influência sobre os atributos da cavidade que tenham as configurações relacionadas nos incisos deste artigo	XIII - Lago ou drenagem subterrânea intermitente com influência sobre os atributos da cavidade que tenham as configurações relacionadas nos incisos deste artigo	
Caverna 071	A	A	A	A	P	P	A	P	A	A	A	A	A	
Caverna 072	A	A	A	A	P	P	P	P	A	A	A	A	A	
Caverna 090	A	P	A	A	P	P	P	P	A	A	A	A	A	
Caverna 099	A	A	A	A	P	P	A	P	A	A	A	A	A	
Caverna 110	A	P	A	A	P	P	A	P	A	A	A	A	A	

Continuação

IMPORTÂNCIA SIGNIFICATIVA SOB O ENFOQUE LOCAL														
	I - Baixa diversidade de substratos orgânicos	II - Baixa riqueza de espécies	III - Baixa abundância relativa de espécies	IV - Presença de singularidade dos elementos faunísticos sob enfoque local	V - Média projeção horizontal da cavidade em relação às demais cavidades que se distribuem na mesma unidade geomorfológica, conforme definido no § 1º do art. 14, desta Instrução Normativa	VI - Média área da projeção horizontal da cavidade em relação às demais cavidades que se distribuem na mesma unidade geomorfológica, conforme definido no § 1º do art. 14, desta Instrução Normativa	VII - Alto desnível da cavidade em relação às demais cavidades que se distribuem na mesma unidade geomorfológica, conforme definido no § 1º do art. 14, desta Instrução Normativa	VIII - Médio volume da cavidade em relação às demais cavidades que se distribuem na mesma unidade geomorfológica, conforme definido no § 1º do art. 14, desta Instrução Normativa	IX - Poucos tipos de espeleotemas e processos de deposição em termos de diversidade de sedimentação química	X - Uso esporádico ou casual para fins educacionais, recreativos ou esportivos	XI - Visitação pública esporádica ou casual na cavidade	XII - Presença de água de percolação ou condensação com influência sobre os atributos da cavidade que tenham as configurações relacionadas nos incisos deste artigo	XIII - Lago ou drenagem subterrânea intermitente com influência sobre os atributos da cavidade que tenham as configurações relacionadas nos incisos deste artigo	
Caverna 112	A	A	A	A	P	P	P	P	A	A	A	A	A	
Caverna 117	A	A	A	A	P	P	A	P	A	A	A	A	A	
Caverna 121	A	A	A	A	P	P	A	P	A	A	A	A	A	
Caverna 124	A	A	A	A	P	P	P	P	A	A	A	A	A	
Caverna 126	P	P	A	A	P	P	A	P	A	A	A	A	A	

Continuação

IMPORTÂNCIA SIGNIFICATIVA SOB O ENFOQUE LOCAL														
	I - Baixa diversidade de substratos orgânicos	II - Baixa riqueza de espécies	III - Baixa abundância relativa de espécies	IV - Presença de singularidade dos elementos faunísticos sob enfoque local	V - Média projeção horizontal da cavidade em relação às demais cavidades que se distribuem na mesma unidade geomorfológica, conforme definido no § 1º do art. 14, desta Instrução Normativa	VI - Média área da projeção horizontal da cavidade em relação às demais cavidades que se distribuem na mesma unidade geomorfológica, conforme definido no § 1º do art. 14, desta Instrução Normativa	VII - Alto desnível da cavidade em relação às demais cavidades que se distribuem na mesma unidade geomorfológica, conforme definido no § 1º do art. 14, desta Instrução Normativa	VIII - Médio volume da cavidade em relação às demais cavidades que se distribuem na mesma unidade geomorfológica, conforme definido no § 1º do art. 14, desta Instrução Normativa	IX - Poucos tipos de espeleotemas e processos de deposição em termos de diversidade de sedimentação química	X - Uso esporádico ou casual para fins educacionais, recreativos ou esportivos	XI - Visitação pública esporádica ou casual na cavidade	XII - Presença de água de percolação ou condensação com influência sobre os atributos da cavidade que tenham as configurações relacionadas nos incisos deste artigo	XIII - Lago ou drenagem subterrânea intermitente com influência sobre os atributos da cavidade que tenham as configurações relacionadas nos incisos deste artigo	
Caverna 127	P	P	A	A	P	P	A	P	A	A	A	A	A	
Caverna 130	A	A	P	A	P	P	A	P	A	A	A	A	A	
Caverna 134	A	P	A	A	P	P	A	P	A	A	A	A	A	
Caverna 135	P	A	A	A	P	P	P	P	A	A	A	A	A	
Caverna 144	P	P	A	A	P	P	A	P	A	A	A	A	A	

Continuação

IMPORTÂNCIA SIGNIFICATIVA SOB O ENFOQUE LOCAL													
	I - Baixa diversidade de substratos orgânicos	II - Baixa riqueza de espécies	III - Baixa abundância relativa de espécies	IV - Presença de singularidade dos elementos faunísticos sob enfoque local	V - Média projeção horizontal da cavidade em relação às demais cavidades que se distribuem na mesma unidade geomorfológica, conforme definido no § 1º do art. 14, desta Instrução Normativa	VI - Média área da projeção horizontal da cavidade em relação às demais cavidades que se distribuem na mesma unidade geomorfológica, conforme definido no § 1º do art. 14, desta Instrução Normativa	VII - Alto desnível da cavidade em relação às demais cavidades que se distribuem na mesma unidade geomorfológica, conforme definido no § 1º do art. 14, desta Instrução Normativa	VIII - Médio volume da cavidade em relação às demais cavidades que se distribuem na mesma unidade geomorfológica, conforme definido no § 1º do art. 14, desta Instrução Normativa	IX - Poucos tipos de espeleotemas e processos de deposição em termos de diversidade de sedimentação química	X - Uso esporádico ou casual para fins educacionais, recreativos ou esportivos	XI - Visitação pública esporádica ou casual na cavidade	XII - Presença de água de percolação ou condensação com influência sobre os atributos da cavidade que tenham as configurações relacionadas nos incisos deste artigo	XIII - Lago ou drenagem subterrânea intermitente com influência sobre os atributos da cavidade que tenham as configurações relacionadas nos incisos deste artigo
Caverna 150	P	P	A	A	P	P	A	P	A	A	A	A	A
Caverna 151	A	P	A	A	P	P	P	P	A	A	A	A	A
Caverna 152	P	P	A	A	P	P	P	P	A	A	A	A	A

Legenda: P=presente; A=ausente

4.1.2.1.2.3 - Importância baixa

A cavidade será considerada de Importância Baixa sob o Enfoque Local quando a configuração de atributos não for considerada de importância acentuada ou significativa (artigo 11 da IN/MMA 02/2009).

4.2 - Resumo da valoração das cavidades

O Quadro 4.7 a seguir apresenta a síntese final da relevância das cavernas do complexo minerário (Bloco 8). No Anexo 07 é apresentada a localização das cavernas na área do complexo minerário.

QUADRO 4.8 - Síntese da relevância das cavernas do complexo minerário (Bloco 8)

Denominação	Relevância	Atributos que definiram a relevância
Caverna 008	MÁXIMA	Habitat de troglóbio raro.
Caverna 059	MÁXIMA	Habitat de troglóbio raro.
Caverna 072	MÁXIMA	Há vestígios arqueológicos nessa cavidade (pinturas rupestres), o que a torna de relevância máxima. Contudo, o programa de prospecção e resgate, a ser validado pelo IPHAN, prevê ações de salvaguarda do patrimônio. Caso a iniciativa venha a ser aprovada pelo órgão competente, será necessário rever a valoração dessa cavidade. A caverna 072 é classificada como um paleotoca, por conter vestígios preservados de icnofósseis, ainda que pouco preservados. Dado ao indicativo da existência de várias paleotocas de maior representatividade e com vestígios melhor preservados em toda a região onde se insere o empreendimento, é aqui proposto que sejam realizados novos estudos paleontológicos em outras cavidades com o indicativo de paleotoca na região, objetivando melhor embasar a relevância da Caverna 072 segundo a IN-MMA nº 2/2009 com maior embasamento. Além disso, será submetido ao órgão responsável, no caso o DNPM, solicitação para que as investigações paleontológicas sejam intensificadas e, se necessário e possível, que seja realizado o resgate das feições paleontológicas presentes na caverna.
Caverna 039	(MÁXIMA ¹)	Presença de material lítico polido (a posição e a relação entre vestígio e cavidade deverá ser avaliada pela prospecção arqueológica, a ser aprovada e validada pelo IPHAN na próxima etapa do licenciamento ambiental). Caso o sítio possa ser resgatado, a valoração desse tópico específico será revista.
	ALTA	Importância acentuada sob enfoque regional e local - alta projeção horizontal. Presença de táxons novos, presença de espécie rara.
Caverna 052	ALTA	Importância significativa sob enfoque local - alto volume.
Caverna 071	ALTA	Abundância alta de organismos.
Caverna 090	ALTA	Presença de populações estabelecidas de espécies com função ecológica importante atribuída ao grupo dos quirópteros por constituírem recurso importante para a fauna de invertebrados e alta riqueza e abundância de espécies.
Caverna 099	ALTA	Importância significativa sob enfoque regional - média projeção horizontal, área e volume. Importância acentuada sob enfoque local - Drenagem perene. Riqueza alta de organismos.

Continuação

Denominação	Relevância	Atributos que definiram a relevância
Caverna 110	ALTA	Abundância alta de organismos.
Caverna 124	ALTA	Importância significativa sob enfoque regional - média projeção horizontal, área e volume. Importância acentuada sob enfoque local - Drenagem perene.
Caverna 126	ALTA	Abundância alta de organismos. Presença de populações estabelecidas de espécies com função ecológica importante atribuída ao grupo dos quirópteros por constituírem recurso importante para a fauna de invertebrados.
Caverna 130	ALTA	Presença de populações estabelecidas de espécies com função ecológica importante atribuída ao grupo dos quirópteros por constituírem recurso importante para a fauna de invertebrados, alta riqueza e abundância de espécies e singularidade dos elementos faunísticos sob enfoque regional.
Caverna 144	ALTA	Alta abundância relativa de espécies do grupo dos quirópteros.
Caverna 150	ALTA	Abundância alta de organismos.
Caverna 152	ALTA	Importância significativa sob enfoque regional - média projeção horizontal, área e volume. Importância acentuada sob enfoque local - Drenagem perene; Abundância alta de organismos.
Caverna 045	MÉDIA	Importância significativa sob enfoque regional e local - média projeção horizontal, área e volume. Riqueza média; Abundância média de organismos.
Caverna 046	MÉDIA	Importância significativa sob enfoque local e regional - média projeção horizontal, área e volume. Nidificação de aves silvestres; Riqueza média; Abundância média de organismos.
Caverna 050	MÉDIA	Importância significativa sob enfoque local e regional - média projeção horizontal, área e volume. Alta diversidade de substratos orgânicos.
Caverna 053	MÉDIA	Importância significativa sob enfoque regional - média projeção horizontal, área e volume. Riqueza média; Abundância média de organismos.
Caverna 112	MÉDIA	Importância significativa sob enfoque local e regional - média projeção horizontal, área e volume. Nidificação de aves silvestres; Alta diversidade de substratos orgânicos; Riqueza média; Abundância média.
Caverna 117	MÉDIA	Importância significativa sob enfoque local e regional - média projeção horizontal, área e volume. Alta diversidade de substratos orgânicos; Riqueza média; Abundância média.
Caverna 121	MÉDIA	Importância significativa sob enfoque local e regional - média projeção horizontal, área e volume. Alta diversidade de substratos orgânicos; Riqueza média; Abundância média.
Caverna 134	MÉDIA	Importância significativa sob enfoque local e regional - média projeção horizontal, área e volume. Alta diversidade de substratos orgânicos; Riqueza média; Abundância média.
Caverna 135	MÉDIA	Importância significativa sob enfoque regional - média projeção horizontal, área e volume. Riqueza média; Abundância média de organismos.

Continuação

Denominação	Relevância	Atributos que definiram a relevância
Caverna 151	MÉDIA	Importância significativa sob enfoque local e regional - média projeção horizontal, área e volume. Alta diversidade de substratos orgânicos; Riqueza média; Abundância média de organismos.

*1 - A Caverna 039 seria classificada como de relevância Máxima pela presença de material lítico polido, mas possui relevância Alta para atributos físicos e bióticos. É importante salientar que as questões relativas a material arqueológico são tratadas no âmbito do IPHAN (Lei nº. 3924/61, Portaria 230, 2002). Assim, entende-se que nesse momento essa cavidade se mantenha na relevância Máxima, mas em caráter transitório, tendo em vista a realização das próximas fases dos estudos arqueológicos - prospecção e resgate. Em seguida, ela seria então classificada na categoria de relevância Alta. Na categoria Alta foi registrado táxon novo (opilião *Spaeleoleptes* sp.n.1) e conforme a IN 02, de 20 de agosto de 2009, são vetados impactos negativos irreversíveis em cavidades com ocorrência de táxons novos até que seja realizada a sua descrição científica formal.

4.3 - Conclusões

A análise final da classificação de relevância, considerando os atributos e a metodologia discriminados na IN 02, de 20 de agosto de 2009, para aspectos físicos, bióticos, histórico-culturais e religiosos concluiu que dentre as 25 cavernas analisadas no âmbito do complexo minerário (Bloco 8) e adutora, quatro são de relevância Máxima (incluindo a 039), onze de relevância Alta e dez de relevância Média (Quadro 4.7).

A Caverna 039 foi classificada como de relevância Máxima pela presença de material lítico polido, mas possui relevância Alta para atributos físicos e bióticos. Entende-se que nesse momento esta se mantenha na relevância Máxima, mas em um caráter transitório, tendo em vista a possibilidade de se fazer o resgate e salvamento arqueológico do material. Esse projeto será submetido ao IPHAN, para realização na próxima etapa do licenciamento ambiental, devendo-se aguardar manifestação do órgão. A partir desse cenário, ela seria então classificada na categoria de relevância Alta.

Quanto à caverna 072 o empreendedor assume o compromisso de dar continuidade aos estudos arqueológicos e paleontológicos, com o objetivo de apresentar seu grau de relevância final posteriormente, para o melhor conhecimento a respeito das paleotocas que ocorrem na região do complexo minerário. Tal fato se justifica pela presença regional de outras paleotocas, nove delas já em estudo pela Sul Americana de Metais no denominado Vale dos Gigantes, a norte do empreendimento. Ressalta-se que os primeiros resultados demonstraram que as outras paleotocas identificadas apresentam-se em melhor estado de preservação e, assim, a empresa assume o compromisso da realização dos novos estudos no âmbito regional, a fim de possibilitar a classificação da caverna 072 com maior embasamento científico. Por outro lado, o que leva a apresentação posterior da relevância final da caverna é a possibilidade de alteração de sua relevância em função do possível resgate tanto do patrimônio arqueológico encontrado nela, o que depende do aval do IPHAN, quanto paleontológico, o que deverá ocorrer mediante concordância do DNPM.

Quanto ao táxon Entomobryidae sp.2, o fato de ele ter sido identificado na Caverna 008 (amostra local) e nas Cavernas Boca Soberba e Tocaia de Paca (amostra regional) pode ser um indício da possibilidade de que essa espécie tenha distribuição mais ampla do que o identificado neste diagnóstico e conhecido até o momento. Caso essa hipótese venha a ser confirmada, mediante a realização futura de outros estudos técnico-científicos, a classificação ora apresentada dos troglóbios raros poderá ser revista, mantendo-se o preconizado na IN 02/2009.

De acordo com a referida legislação, as cavidades com grau de relevância máximo possuem conservação integral, ou seja, não podem ser objeto de impactos negativos. A utilização de uma cavidade classificada como de relevância máxima deverá fazer-se somente dentro de condições que assegurem a manutenção do seu equilíbrio físico e biológico. Essas cavidades, de grande interesse nacional, merecerão ações para sua proteção.

As cavidades classificadas como de relevância alta, média e baixa poderão ser objeto de impactos irreversíveis, através do processo de licenciamento ambiental (Art. 4 do Decreto 6640, de 7 de novembro de 2008).

Impactos irreversíveis em cavidades de relevância alta, no entanto, deverão ser compensados pelo empreendedor mediante a preservação de duas cavidades com o mesmo grau de relevância, de mesma litologia e com atributos similares à que sofreu o impacto, as quais passarão a ser consideradas cavidades testemunho, ou seja, de preservação permanente. As cavidades naturais subterrâneas com grau de relevância alta são aquelas cuja importância de seus atributos seja considerada acentuada sob enfoque local e regional, ou acentuada sob enfoque local e significativa sob enfoque regional.

As cavidades de relevância média que sofrerem impactos irreversíveis, por sua vez, merecerão por parte do empreendedor ações que contribuam para a conservação e o uso adequado do patrimônio espeleológico brasileiro. Essas ações serão definidas pelo órgão ambiental competente. A cavidade natural subterrânea com grau de relevância médio é aquela cuja importância de seus atributos seja considerada acentuada sob enfoque local e baixa sob enfoque regional, ou significativa sob enfoque local e regional.

A avaliação de impactos das atividades do empreendimento sobre as cavidades inventariadas é apresentada no Módulo 12 do EIA, ao passo que as medidas mitigadoras e os programas ambientais encontram-se descritos no Módulo 13.

5 - REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AMPLO. *Estudo de Impacto Ambiental da Mina Apolo*. Relatório Técnico. Belo Horizonte. 2009.
- ANDRADE, R. Fauna cavernícola da FLONA Carajás, Pará. *II Encontro Brasileiro de Estudos do Carste*. Resumos, 2007.p.106.
- ARNOLD, E. N. *Investigating the origins of performance advantage: adaptation, exaptation and lineage effects*. In: Eggleton, P. & Vane-Wright, R. I. (eds.). *Phylogenetics and Ecology*. Academic Press, London, 1994. p. 123 - 167.
- AULER A. S. & PILÓ, L. B. *Introdução às cavernas em minério de ferro e canga*. *O Carste*, 2005a.v.17, n.3, p.70-72.
- AULER, A. & PILÓ, L. B. *Uma Nova Proposta para Análise de Relevância Espeleológica*. *Carste Consultores Associados*. Belo Horizonte: Relatório Técnico. 2005b. 60 p.
- AULER, A. S.; PILÓ, L. B.; SAADI, A. *Ambientes Cársticos*. In: SOUZA, C. R. G.; SUGUIO, K.; OLIVEIRA, A. M. S.; OLIVEIRA, P. E. *Quaternário do Brasil*. Ribeirão Preto: ABEQUA/Holos, 2005. p. 321-342.
- AULER, A. S. *O legado espeleológico de George Simmons*. *O Carste* 2005 17(3): 73-77.
- AULER, A. *Relevância de cavidades naturais subterrâneas: contextualização, impactos ambientais e aspectos jurídicos*. Brasília, DF: MME/PNUD, 2006. 166 p.
- BAETA, A. & PILÓ, H. *Arqueologia do Quadrilátero Ferrífero: aspectos preliminares sobre sua ocupação. Estudo de caso do Capão Xavier*. *O Carste*, 2005. 17(3): 116-131.
- BAHIA, G. R. *Sucessão Ecológica em Guano de Morcegos Insetívoros em Cavernas*. 2007 (Dissertação de Mestrado) Universidade Federal de Minas Gerais. Belo Horizonte - MG. 2007.
- BARR, T. C. Jr. *Cave ecology and the evolution of troglobites*. *Evolutionary Biology*, 1968. 2: 35-102.
- BARR, T. C. Jr. *Observations on the ecology of caves*. *The American Naturalist*, 1967. 101(922): 475-491.
- BOGGIANI, P. C. & COIMBRA, A. M. *Morraria do Puga, MS - Típica associação neoproterozóica de glaciação e sedimentação carbonática*. In: Schobbenhaus, C.; Campos, D. A.; Queiroz, E. T.; Winge, M.; Berbert-Born, M. L. C. (Edit.) 2002.

- BOWDEN, D. J. *Sub-laterite cave systems and other pseudo-karst phenomena in the humid tropics: The example of the Kasewe Hills, Sierra Leone*. Zeitschrift fur Geomorphologie, 1980. 24: 77-90.
- BRASIL. Instrução Normativa nº 2 de 20/08/2009 /MMA - Ministério do Meio Ambiente. *Diário Oficial da União*, 21 agosto. 2009.
- CARMO, F. F.; CARMO, F. F.; LELES, B. P.; JACOBI, C. M. Primeiros Registros de Cavernas Ferruginosas no Norte de Minas. SBE Notícias - *Boletim eletrônico da Sociedade Brasileira de Espeleologia*. Ano 5, nº 163, 2010. Campinas.
- CARMO, F. F.; CARMO, F. F.; BUCHMANN, F. S.; FRANK, H. T.; JACOBI, C. M. Primeiros registros de paleotocas desenvolvidas em formações ferríferas, Minas Gerais, Brasil. Anais do 31º Congresso Brasileiro de Espeleologia, Ponta Grossa, PR, 21 a 24 de julho de 2011: 531-540.
- 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, 2011. 22(1): 25-39.
- CECAV. Mapa das Regiões Cársticas do Brasil. CENTRO NACIONAL DE PESQUISA E CONSERVAÇÃO DE CAVERNAS. Brasília. 2009.
- CECAV. Apostila do II Curso de Espeleologia licenciamento Ambiental. CENTRO NACIONAL DE PESQUISA E CONSERVAÇÃO DE CAVERNAS. Brasília. 2010.
- CECAV. Base de Dados Geoespacializados das Cavernas do Brasil. CENTRO NACIONAL DE PESQUISA E CONSERVAÇÃO DE CAVERNAS. Brasília. Disponível em < <http://www.icmbio.gov.br/cecav/downloads/mapas.html>>. Acesso em 04 de junho de 2012.
- CECAV. Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade/ Centro Nacional de Pesquisa e Conservação de Cavernas. 2012. Disponível em: < www.icmbio.gov.br/cecav >. Acesso em: 09 /02/2012.
- CETEC. FUNDAÇÃO CENTRO TECNOLÓGICO DE MINAS GERAIS. *Diagnóstico ambiental do Estado de Minas Gerais*. Belo Horizonte: 1982. 158 p.
- COLWELL, R. K.; MAO, C. X.; CHANG, J. Interpolating, extrapolating, and comparing incidence-based species accumulation curves. Ecology, 2004. 85. 2717-2727.
- CPRM-CODEMIG. Mapa Geológico de Minas Gerais, escala 1:1.000.000. Belo Horizonte, Companhia de Desenvolvimento Econômico de Minas Gerais, CD-ROM. 2003.
- CPRM. Base Paleo - Ocorrências Fossilíferas. COMPANHIA DE PESQUISAS DE RECURSOS MINERAIS. 2011. Disponível em: < <http://www.cprm.gov.br/bases/novapale/pale.php> > Acesso em: 21/11/2011.

- CUNHA Jr, W. R.; ATZINGEN, N.; CRESCENCIO, G.. Estudos espeleológicos na serra dos Carajás, município de Parauapebas-PA. Congresso Brasileiro de Espeleologia, 29, Ouro Preto. Anais. Ouro Preto: SBE/SEE. 2007. p. 97-103.
- DALMOLIN, Q. & SANTOS, D. R. *Sistema Laser scanner: Conceitos e Princípios de Funcionamento*. 3ª Edição - UFPR - Curitiba/PR - Brasil. 2004. 97p.
- EGGER, V. A. *O Supergrupo do Espinhaço entre Serranópolis de Minas e Mato Verde (MG): Estratigrafia e implicações para o entendimento dos depósitos aluvionares de diamantes na região*. 2006. (Dissertação de Mestrado). Universidade Federal de Minas Gerais. I.G.C. Departamento de Geologia. 2006.
- FERREIRA, N. B. *Estudo morfológico e geológico de cavernas em rochas siliciclásticas*. Relatório de Iniciação Científica apresentado ao CNPq. 1996. 44p.
- FERREIRA, R. L. & MARTINS, R. P. *Diversity and distribution of spiders associated with bat guano piles in Morrinho cave (Bahia State, Brazil)*. Biodiversity Research, [S.l.], 1998. 4: p. 235-241.
- FERREIRA, R. L.; MARTINS, R. P.; YANEGA, D. *Ecology of bat guano arthropod communities in a Brazilian dry cave*. Ecotropica, [S.l.], 2000. 6: p. 105-115.
- FERREIRA, R. L. *A medida da complexidade ecológica e suas aplicações na conservação e manejo de ecossistemas subterrâneos*. 2004. (Tese de doutorado). Instituto de Ciências Biológicas, Universidade Federal de Minas Gerais. 160p.
- FERREIRA, R. L. *A vida subterrânea nos campos ferruginosos*. O Carste, 2005.17(3): 106-115.
- GARDNER, A. L. *Mammals of South America: Marsupials, Xenarthrans, Shrews, and Bats*. Chicago: University of Chicago Press, 2007. p. 207-208.
- GIRELLI, M. *Lajeados com gravuras na região de Corumbá*. 1994. 147 pp. (MS. Dissertação). Universidade do Vale do Rio dos Sinos. 1994.
- GNASPINI, P. & TRAJANO, E. Brazilian cave invertebrates, with a checklist of troglomorphic taxa. *Revista Brasileira da Entomologia*, 1994.38 (3/4): 549-584.
- GOLDER ASSOCIATES. Estudo de Impacto Ambiental - EIA. Projeto Ferro Carajás S11D. Volume III, 2010.
- GRADIM, R. J.; ALKMIM, F. F.; PEDROSA-SOARES, A. C.; BABINSKI, M.; NOCE, C. M. Xistos Verdes do Alto Araçuaí, Minas Gerais: Vulcanismo Básico do Rifte Neoproterozóico Macaúbas. *Revista Brasileira de Geociências*, 2005. 35 (4-suplemento): 59-69.
- GROSSI-SAD, J. H.; LOBATO, L. M.; PEDROSA-SOARES, A. C.; SOARES-FILHO, B. S. (Eds.). Projeto Espinhaço em CD-ROM. CODEMIG, Belo Horizonte, 2693 p. e 23 mapas. 1997.

- GUIMARÃES, M. L. V.; CROCCO-RODRIGUES, F. A.; ABREU, F. R.; BELO DE OLIVEIRA, O. A.; GRECO, F. M. *Geologia do Bloco Itacambira-Monte Azul entre Barroco e Porteirinha (MG)*. In: Simpósio Nacional de Estudos Tectônicos, 4, Belo Horizonte. Resumos. Belo Horizonte: Sociedade Brasileira de Geologia, 1993. p. 74-78.
- HAMMER, O.; HARPER, D. A. T.; RYAN, P. D. PAST: *Paleontological Statistics Software Package for Education and Data Analysis*. Palaeontologia Electronica, 2001. 4(1): 9pp.
- HOLSINGER, J. R. & CULVER, D. C. *The invertebrate cave fauna of Virginia and a part of Eastern Tennessee: Zoogeography and ecology*. Brimleyana, 1988. 14: 1-162.
- HOLSINGER, J. R. *Troglobites: the evolution of cave-dwelling organisms*. American Scientist, 1988. 76: 146-153.
- HOWARTH, F. G. *The zoogeography of specialized cave animals: a bioclimatic model*. Evolution, 1980.34(2): 394-406.
- HOWARTH, F. G. *Ecology of cave arthropods*. Annual Review of Entomology, 1983. 28: 365-389.
- HOWARTH, F. G. *High-stress subterranean habitats and evolutionary change in cave-inhabiting arthropods*. The American Naturalist, 1993. 142: 565-577.
- JENNINGS, J. N. *Karst Geomorphology*. Oxford: Basil Blackwell, 1985. 293 p.
- JUBERTHIE, C. *The diversity of the karstic and pseudokarstic hypogean habitats in the world*, In: *Ecosystems of the World 30. Subterranean Ecosystems* (H. Wilkens, D. C. Culver & W. F. Humphreys, Eds.). Elsevier, Amsterdam. 2002. p. 17 - 39.
- KARMANN, I. & SÁNCHEZ, L. E. *Distribuição das rochas carbonáticas e províncias espeleológicas do Brasil*. Espeleo-Tema 1980.13: 105-167.
- KARMANN, I. *Evolução e dinâmica atual do sistema cárstico do alto vale do rio Ribeira de Iguape*. 1994. 228p. (Tese de Doutorado) - Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1994.
- KUNZ, T. H. *Roosting ecology of bats*, p. 1-55. In: T.H. KUNZ (Ed.). *Ecology of bats*. New York, Plenum Press, 1982. XVIII+425p.
- LIM, B. K. & ENGSTROM, M. D. *Species diversity of bats* (Mammalia: Chiroptera) in Iwokrama Forest, Guyana, and the Guianan subregion: implications for conservation. *Biodiversity and Conservation*, 2001.10: 613-657.
- MAGALHÃES, M. P. *O Homem das cavernas de Carajás*. In: João Batista Guimarães Teixeira; Vanderlei de Rui Beisiegel. (Org.). In: *Carajás: geologia e ocupação humana*. 1ed. Belém: Museu Paraense Emilio Goeldi, 2006. 91-126.

- MAGURRAN, A. E. *Measuring biological diversity*. In Blackwell Science Oxford: Blackwell Science 2004.
- MAHNERT, V. *Cave-dwelling pseudoscorpions (Arachnida, Pseudoscorpiones) from Brazil*. *Revue Suisse de Zoologie*, 2001. 108(1): 95-148.
- 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 Emilio Goeldi. Série Ciências da Terra*, 1995. 7: 331-362.
- MCFARLANE, M. J. & TWIDALE, C. R. *Karstic features associated with tropical weathering profiles*. *Zeitschrift fur Geomorphologie Suppl. Bd 1987*. 64: 73-95.
- MELLO, C. L.; SANT'ANNA, L. G.; BERGQVIST, L. P. *Fonseca, MG - Vegetais fósseis do Terciário brasileiro*. In: Schobbenhaus, C.; Campos, D. A.; Queiroz, E. T.; Winge, M.; Berbert-Born, M. L. C. (Edits.) *Sítios Geológicos e Paleontológicos do Brasil*. 1. Brasília. 2002. DNPM/CPRM - Comissão Brasileira de Sítios Geológicos e Paleobiológicos (SIGEP), 1: 73-79. Disponível em: < <http://www.unb.br/ig/sigep/sitio086/sitio086.pdf> > Acesso em: 20/10/2012
- MOHR, C. E. & POULSON, T. L. *The life of the cave*. McGraw-Hill Book, New York, 1966. 232 pp.
- MOREIRA, J. R. A. & PAIVA, R. S. *Levantamento bioespeleológico preliminar da Serra dos Carajás-PA-Brasil*. *Congresso de Espeleologia da América Latina e do Caribe*, 1. Belo Horizonte. Anais. Belo Horizonte: SBE, 1988.p.142-150.
- MOURÃO, M. A. A. & GROSSI-SAD, J. H. *Geologia da folha Padre Carvalho*. In: Grossi-Sad, J. H.; Lobato, I. M.; Pedrosa-Soares, A. C., Soares-Filho, B. S. (coordenadores e editores). *Projeto Espinhaço em CD-ROM (textos, mapas e anexos)*. Belo Horizonte, COMIG - Companhia Mineradora de Minas Gerais. 1997. p.315-418.
- MOURÃO, M. A. A. & PEDROSA-SOARES, A. C. *Evidências de sedimentação turbidítica no Grupo Macaúbas, Faixa Araçuaí*. *Revista Escola de Minas de Ouro Preto*, 1992. 45, 94-96.
- NOCE, C. M.; PEDROSA-SOARES, A. C.; GROSSI-SAD, J. H.; BAARS, F. J.; GUIMARÃES, M. L. V.; MOURÃO, M. A. A.; OLIVEIRA, M. J. R.; ROQUE, N. C. *Nova divisão estratigráfica regional do Grupo Macaúbas na Faixa Araçuaí: O registro de uma bacia neoproterozóica*. In: *Simpósio Geologia*. 1997.
- OLIVEIRA, O. A. B. *Aspectos Geológicos Relacionados às Cavernas no Quadrilátero Ferrífero - MG*. Anais do 31º Congresso Brasileiro de Espeleologia, Ponta Grossa, PR, 21 a 24 de julho de 2011: 531-540.
- PALMER, A. N. *Origin and morphology of limestone caves*. *Geological Society of America Bulletin*, 1991. 103: 1-21.

- PARZEFALL, J. Behavioural preadaptations of marine species for the colonisation of caves. *Stygologia*, 1986. 2(1/2): 144 - 155.
- PEDROSA-SOARES, A. C. *Potencial aurífero do Vale do Araçuaí, Minas Gerais: história da exploração, geologia e controle tectono-metamórfico*. Brasília, (Tese de Doutorado). IG-UnB.1995.
- PEDROSA-SOARES, A. C. & GROSSI-SAD, J. H. *Geologia da Folha Minas Novas*. In: Grossi-Sad, J. H.; Lobato, L. M.; Pedrosa-Soares, A. C.; Soares-Filho, B. S. (Eds.), Projeto Espinhaço em CDROM. Belo Horizonte, CODEMIG, 1997. p. 952-1052.
- PEDROSA-SOARES, A. C. & WIEDEMANN-LEONARDOS, C. M. *Evolution of the Araçuaí Belt and its connection to the Ribeira Belt, Eastern Brazil*. In: Cordani, U.; Milani, E.; Thomaz-Filho, A.; Campos, D. A. (Eds), Tectonic Evolution of South America. São Paulo, Sociedade Brasileira de Geologia, 2000. p. 265-285.
- PEDROSA-SOARES, A. C., VIDAL, P., LEONARDOS, O. H.; BRITO-NEVES, B. B.. Neoproterozoic oceanic remnants in eastern Brazil: Further evidence and refutation of an exclusively ensialic evolution for the Araçuaí-West Congo orogen. *Geology*, 1998. 26: 519-522.
- PEDROSA-SOARES, A. C.; NOCE, C. M.; VIDAL, P.; MONTEIRO, R.; LEONARDOS, O. H. *Toward a new tectonic model for the Late Proterozoic Araçuaí (SE Brazil) - West Congolian (SW Africa) Belt*. *Journal of South American Earth Sciences*, 1992. 6: 33-47.
- PEDROSA-SOARES, A. C.; NOCE, C. M.; WIEDEMANN, C. M. & PINTO, C. P. *The Araçuaí-West Congo orogen in Brazil: An overview of a confined orogen formed during Gondwanland assembly*. *Precambrian Research*, 2001.110: 307-323.
- PEDROSA-SOARES, A. C.; NOCE, C. M.; ALKMIM, F. F.; SILVA, L. C.; BABINSKI, M., CORDANI, U.; CASTAÑEDA, C. *Orógeno Araçuaí: Síntese do conhecimento 30 anos após Almeida 1977*. *Geonomos*, 2007. 15(1): 1-16.
- PEDROSA-SOARES, A. C.; BABINSKI, M.; NOCE, C.; MARTINS, M.; QUEIROGA, G.; VILELA, F. T. *The Neoproterozoic Macaúbas Group (Araçuaí orogen, SE Brazil) with emphasis on the diamictite formations*. 2010.
- PERACCHI, A. L.; LIMA, I. P.; REIS, N. R.; NOGUEIRA, M. R.; ORTÊNCIO-FILHO, H. ORDEM CHIROPTERA; *IN* N. R. REIS, A. L. PERACCHI, W. A. PEDRO, AND I. P. LIMA (ED.). *Mamíferos do Brasil*. Londrina: Editora da Universidade Estadual de Londrina. 2006. P. 153-230
- PEREIRA, M. C. Aspectos Genéticos e Morfológicos das Cavidades Naturais da Serra da Piedade - Quadrilátero Ferrífero/MG. (Dissertação de mestrado geografia) - Universidade Federal de Minas Gerais. Belo Horizonte, 2012.
- PIELOU, E. C. The measurement of diversity in different types of biological collections. *Journal of theoretical Biology*, 1966. 13:131 - 44.

- PILÓ, L. B. & AULER, A. S. As cavernas em minério de ferro e canga de Capão Xavier, Quadrilátero Ferrífero, MG, 2005. *O Carste* 17(3): 93-105.
- PILÓ, L. B. & AULER, A. Geoespeleologia das cavernas em rochas ferríferas da região de Carajás, PA. Congresso Brasileiro de Espeleologia, 30, Montes Claros. Anais... Montes Claros: SBE, 2009.p.181-186.
- PINHEIRO, R. V. L. & MAURITY, C. W. As cavernas em rochas intempéricas da Serra dos Carajás Brasil. Congresso de Espeleologia da América Latina e do Caribe, 1. Belo Horizonte. Anais. Belo Horizonte: SBE, 1988.p.179-186.
- PINHEIRO, R. V. L.; HENRIQUES, A. L.; SILVEIRA, L. T.; MAURITY, C. W. *Considerações Preliminares sobre a Espeleologia da Serra dos Carajás (PA)*. Grupo Espeleológico Paraense. Relatório inédito, 1985. 38p.
- PINTO-DA-ROCHA, R. *Sinopse da fauna cavernícola do Brasil (1907-1994)*. Papéis Avulsos de Zoologia, 1995. 39 (6): 61-173.
- POULSON, T. L. & WHITE, W. B. *The cave environment*. Science, 1969.165: 971-981.
- REIS, N. R.; PERACCHI, A. L.; PEDRO, W. A.; LIMA, I. P. (Ed.). *Morcegos do Brasil*. Londrina: Nélio R. dos Reis, 2007. 253 p.
- REX, K.; KELM, D. H.; WIESNER, K.; KUNZ T. H. & VOIGT, C. C. 2008. *Species richness and structure of three Neotropical bat assemblages*. Biological Journal of the Linnean Society, 2008, 94, 617-629.
- ROSIERE, C. A.; RENGER, F. E.; PIUZANA, D.; SPIER, C. A. 2005. *Pico de Itabira, MG - Marco estrutural, histórico e geográfico do Quadrilátero Ferrífero*. In: Winge, M.; Schobbenhaus, C.; Berbert-Born, M.; Queiroz, E. T.; Campos, D. A.; Souza, C. R. G.; Fernandes, A. C. S. (Edit.) *Sítios Geológicos e Paleontológicos do Brasil*. Disponível em: < <http://www.unb.br/ig/sigep/sitio042/sitio042.pdf> > Acesso em: 16/01/2012.
- RUBBIOLI, E. & MOURA, V. *Mapeamento de cavernas: guia prático*. São Paulo, Redespeleo Brasil, 2005. 92 p.
- RUCHKYS, U. A.; RENGER, F. E.; NOCE, C. M.; MACHADO, M. M. M. *Serra da Piedade, Quadrilátero Ferrífero, MG - da lenda do Sabarabuçu ao patrimônio histórico, geológico, paisagístico e religioso* In: Winge, M.; Schobbenhaus, C.; Berbert-BORN, M.; QUEIROZ, E. T.; CAMPOS, D. A.; SOUZA, C. R. G.; FERNANDES, A. C. S. (Edit.) *Sítios Geológicos e Paleontológicos do Brasil*. 2007. Disponível em: <<http://www.unb.br/ig/sigep/sitio129/sitio129.pdf>> Acesso em: 16/01/2012.
- SAADI, A. *A geomorfologia da Serra do Espinhaço em Minas Gerais e de suas margens*. Geonomos, v. 3, n. 1, p. 41-63, 1995.
- SANTOS, A.J. *Estimativas de riqueza em espécies*. In: CULLEN Jr., L. et al. (Org.). *Métodos de estudo em biologia da conservação e manejo da vida silvestre*. Curitiba: Ed. UFPR e Fundação O Boticário de Proteção à Natureza, 2003. p. 19-41.

- SARBU, S.M., KANE, T.C. & KINKLE, B.K. A chemoautotrophically based cave ecosystem. *Science*, [S.I.], 1996. 272: p.1953-1955
- SBE. 2010 / 2011 / 2012. Cadastro Nacional de Cavernas do Brasil (CNC - Brasil). SOCIEDADE BRASILEIRA DE ESPELEOLOGIA (SBE). Disponível em: <<http://www.sbe.com.br/>> Acesso em 15/09/2010; 22/05/2011; 14/03/2012 e 01/06/2012.
- SBE. Normas e Convenções Espeleométricas. CCEPE (Comissão de Cadastro, Espeleometria e Províncias Espeleológicas). 1991 SOCIEDADE BRASILEIRA DE ESPELEOLOGIA (SBE). Disponível em: < <http://www.cavernas.org.br> > Acesso em: 10/10/2011.
- SCHILLING, A. C. & BATISTA, J. L. F. 2008. *Curva de acumulação de espécies e suficiência amostral em florestas tropicais*. *Revista Brasileira de Botânica*, v. 31, p. 179-187, 2008.
- SILVA, M. S.; MARTINS, R. P.; FERREIRA, R. L. *Cave Lithology determining the structure of the invertebrate communities in the Brazilian Atlantic Rain Forest*. *Biodiversity and Conservation*, 2011. 20(8): 1713-1729.
- SIMMONS, G. C. *Canga caves in the Quadrilátero Ferrífero, Minas Gerais, Brazil*. *The National Speleological Society Bulletin*, 1963. 25: 66-72.
- SIMPSON, E. H. Measurement of diversity. *Nature*, 1949.163, 688.
- SNEATH, P. H. A. & SOKAL, R. R. *Numerical Taxonomy*. W. H. Freeman, San Francisco, 1973.
- SOUZA-SILVA, M. *Ecologia e conservação das comunidades de invertebrados cavernícolas na Mata Atlântica Brasileira*. 2008. 216 p. (Tese Doutorado em Ecologia, Conservação e Manejo da Vida Silvestre) - Instituto de Ciências Biológicas, Universidade Federal de Minas Gerais. Belo Horizonte, 2008
- SOUZA-SILVA, M; MARTINS, R. P.; FERREIRA, R. L. *Cave lithology determining the structure of the invertebrate communities in the Brazilian Atlantic Rain Forest*. *Biodiversity and Conservation*, edição eletrônica. 2011
- SPIX, J. B. & MARTIUS, C. F. P. 1824. *Viagem pelo Brasil: 1817-1820*. Tradução Lucia Furquim Lahmeyer. Ed. Itatiaia, Belo Horizonte, ed. 1981, 3 v.
- SPOLADORE, A. *Novas Cavernas em Arenito no Estado do Paraná*. Congresso Brasileiro de Espeleologia. Anais... Campinas: 2005.
- STRAUBE, F. C., & BIANCONI, G. V. *Sobre a grandeza e a unidade utilizada para estimar esforço de captura com utilização de redes de neblina*. *Chiroptera Neotropical* 8: 2002.150-152.
- TAVARES, V. C.; AGUIAR, L. M. S.; PERINI, F.A.; FALCÃO, F. C.; GREGORIN, R. *Bats of the state of Minas Gerais, southeastern Brazil*. *Chiroptera Neotropical*. 2010.16(1): 675-705.

- TRAJANO, E. & BICHUETTE, M. E. *Biologia subterrânea: introdução*. Redespeleo. São Paulo, 2006. 92pp.
- TRAJANO, E. & MOREIRA, J. R. A. Estudo da fauna de cavernas da província espeleológica arenítica Altamira-Itaituba, Pará. *Revista Brasileira de Biologia*, 1991. 51(1):
- TRAJANO, E. *Ecology and ethology of subterranean catfishes*. In: Arratia, G., B. G. Kapoor, M. Chardon & R. Diogo (eds.). *Catfishes*, v. 2. Science Publishers, Enfield. 2003. p. 601-635
- TRAJANO, E. *Protecting caves for the bats or bats for the caves?* *Chiroptera Neotropical* 1995.1 (2): 19-22.
- UHLEIN, A. Transição Cráton-Faixa Dobrada: Exemplo do Cráton São Francisco e Faixa Araçuaí (Ciclo Brasileiro) no Estado de Minas Gerais. 1991. 295p (Tese de Doutorado) - Universidade de São Paulo, 1991.
- UHLEIN, A. & CHAVES, M. L. S. C. O Supergrupo Espinhaço em Minas Gerais e Bahia: Correlações estratigráficas, conglomerados diamantíferos e evolução geodinâmica. *Revista Brasileira de Geociências*, 2001.31(4): 433-444.
- VALENTIN, J. L. & FERNANDEZ, F. A. S. (orgs.) Tópicos em tratamentos de dados biológicos (série Oecologia Brasileinsis, Vol. II). Rio de Janeiro, PPGEUFRJ, 1995.
- VANDEL, A. *Biospéologie - La biologie des animaux cavernicoles*. Gauthier-Villars Éditeur, Paris, 1964. 619 pp.
- VIVEIROS, J. F. M.; SÁ, E. L.; VILELA, O. V.; SANTOS, O. M.; MOREIRA, J. M. P. *Geologia dos vales dos Rios Peixe Bravo e Alto Vacaria*, Norte de Minas Gerais. Atas 1o. Simp. Geologia de Minas Gerais, SBG - Núcleo MG, Bol. no. 1978. 1, 75-88, Diamantina (MG).
- VIZOTTO, L. D. & TADDEI, V. A.. Chave para determinação de quirópteros brasileiros. São José do Rio Preto, Universidade Estadual Paulista. 1973.
- WINGE, M. O que é um sítio geológico? In: Sítios Geológicos e Paleontológicos do Brasil, *SIGEP*. 1999. Disponível em: < <http://www.unb.br/ig/sigep/apresenta.htm> > Acesso em: 07/02/2012.
- ZEPPELINI-FILHO, D.; RIBEIRO, A. C.; CUNHA, G. C.; FRACASSO, M. P. A.; PAVANI, M. M.; OLIVEIRA, O. M. P.; OLIVEIRA, S. A.; MARQUES, A. C. Faunistic survey of sandstone caves from Altinópolis region, São Paulo State, Brazil. *Papéis Avulsos de Zoologia*, 43 (5): 93-99, 2003.

6 - GLOSSÁRIO

Arqueologia

Figuras Antropomorfas: apresenta morfologia do homem.

Figuras Zoomorfas: figuras que apresentam morfologia de animais.

Indústrias líticas/ Instrumentos líticos: produção de ferramentas líticas, conjunto de utensílios líticos alterados por ação antrópica.

Figura Monocrômica: apresentam somente uma coloração.

Objeto Unifacial: objeto núcleo ou de bloco apresentando uma face principal, trabalhada por lascamentos. A intersecção dessa face, com a face não trabalhada forma um contorno contínuo, constituindo a totalidade ou parte da periferia do objeto. Um trabalho unifacial é um trabalho, sobre só uma face.

Percussão Bipolar: técnica de lascamento onde a peça a ser debitada é colocada verticalmente sobre a face plana de uma bigorna, de rocha preferencialmente resistente; pode no entanto, ser de rocha frágil conquanto seja bastante espessa. O batedor é segurado numa das extremidades, mas será usado uma parte próxima do centro da face (nunca extremidade, sob pena de machucar a mão que segura o bloco a ser debitado).

Tradição Nordeste: foi reconhecida por Guidon, na Serra da Capivara, Sudeste do Piauí. Comporta subtradições ou estilos que tem como elemento comum o dinamismo, as cenas de ação, de dança, caça e cópula. Antropomorfos em oposição “dorso a dorso” são frequentes, com o elemento triangular sempre associado. Aparecem muitos zoomorfos e sinais geométricos irreconhecíveis. Nesta tradição são notadas as subtradições “Serra da Capivara”, com os já citados grupos de pequenos antropomorfos; a “Serra Branca”, com antropomorfos de corpos retangulares, alongados verticalmente, cocares e corpos completamente desenhados, no interior, como representação de pinturas corporais; por fim, a “Subtradição Seridó”, reconhecida nesta região por G. Martin, com figuras antropomórficas ou zoomórficas apresentando a característica cabeça em forma de “C”. Esta representação humana está presente nos Abrigos Vermelhos (MT), Sete Cidades (CE) e algumas partes da Califórnia e do México. Estas convergências foram estudadas recentemente pelo norte-americano Richard (“Dito”) Morales, na sua tese de doutoramento.

Tradição Planalto: foi a denominação dada por PROUS, da UFMG, para signos [encontrados] em mais de 100 painéis presentes em São Paulo, Minas Gerais e Bahia. Nesta tradição são numerosos os zoomorfos pintados com vermelho de hematita apresentando corpos chapados, pontilhados ou estriados. Aí, também, aparecem duplas antropomórficas tendo nos braços outra figura, menor, aparentemente humana, como se fosse a entrega de um bebê. Um triângulo aparece sempre junto destas três figuras. Outra recorrência nesta área é a série de antropomorfos em fila, conduzindo um elemento com o abdômen expandido. Estas figuras são, no geral, filiformes e apresentam cabeças resolvidas em forma de “C”, discutidas na tradição seguinte; artefato plano-convexo.

Figura Policrômica: apresenta mais de uma coloração

Sítios Arqueológicos: um sítio arqueológico é um local no qual os homens que viveram antes do início de nossa civilização deixaram algum vestígio de suas atividades: uma ferramenta de pedra lascada, uma fogueira na qual assaram sua comida, uma pintura, uma sepultura, a simples marca de seus passos.

Paleossolos: Solo antigo preservado por capeamento de material sedimentar ou rochas, sedimentares ou vulcânicas, mais jovens.

Litotipos: Quando se caracteriza um fácies litológico como uma rocha ou uma associação de rochas, para distinguir de outras rochas ou associações litológicas em estudo, considerado qualquer aspecto genético, composicional, químico ou mineralógico, morfológico, estrutural ou textural distintivo para fins de referência em um estudo geológico.

Polimento: obtido esfregando-se uma pedra sobre um polidor pelo menos tão duro quanto ela, com ajuda de um abrasivo (areia rica em sílica) e de frequentes lavagens com água. O polimento permite obtenção de gumes resistentes, biconvexos, criando também resultado estético relevante, já que uma superfície brilhante e regular parece frequentemente ter sido mais valorizada que uma superfície lascada (PROUS, 1992).

Geoespeleologia

Alvéolos: são microfieções arredondadas em forma de cuia e ocorrem nas paredes.

Ambiente hipógeo: meio subterrâneo.

Ambiente epígeo: meio superficial.

Autapomorfia: caractere derivado que está presente exclusivamente em um único táxon terminal de um determinado cladograma.

Canalículos: canais de pequenas dimensões, existentes geralmente no contato do piso com o teto, mas também podendo ocorrer no teto.

Canga: é uma crosta laterítica formada por processo de intemperismo próximo à superfície.

Cavidades: espaços naturais vazios em rocha. Podem ter desenvolvimento horizontal ou vertical em forma de galerias e salões.

Clastos: sedimentos de tamanhos variados.

Comportamento agonístico: comportamento agressivo.

Coralóides: têm a forma de couve flor, são compostos por conjuntos de nódulos de vários tipos de minerais, recobrem o piso, paredes, e geralmente são de pequenas dimensões.

Crostras: são acumulações de minerais ou sedimentos, que recobrem homogeneamente parte de alguma feição, geralmente bastante delgada.

Detritívoros: que se alimentam de restos orgânicos.

Depósitos químicos: são os espeleotemas, que é o nome genérico de todas as formações que ocorrem tipicamente no interior das cavernas, como resultado de sedimentação e cristalização de minerais dissolvidos na água.

Domos: são feições arredondadas em forma de cuia e ocorrem no teto.

Ecótono: área de transição ambiental, onde comunidades ecológicas diferentes entram em contato.

Exaptação: é uma adaptação biológica que não evoluiu dirigida principalmente por pressão seletiva relacionadas à sua função atual. Em vez disso evoluiu por pressões seletivas diferentes relacionadas à uma adaptação para outras funções, até que eventualmente chegou a um estado ou construção em que veio a ser utilizada para uma nova função.

Fotoautotróficos: que utilizam a luz do sol para produção de alimentos.

Geoespeleologia: é o estudo geológico das cavernas.

Guilda Alimentar ou Trófica: É um conjunto de espécies que apresentam função ecológica similar relativa a seu hábito alimentar.

Hematófago: Animal que se alimenta de sangue.

Incasão: desabamento gravitacional de blocos que se desprendem do teto ou parede das cavidades.

Limpa Folha (Glider): São os morcegos que capturam sua presa quando essa está no solo ou pousada em folhas.

Limonita: produto de alteração da formação ferrífera.

Metadiamicrito hematítico: formação ferrífera predominantemente hematítica.

Metadiamicrito estéril: formação ferrífera predominantemente matriz areno-argilosa.

Mist Nets (Rede de Neblina): Armadilha utilizada na captura de morcegos e aves. Consiste em uma rede de nylon com “bolsões” que é estendida na área de armadilhagem entre dois pontos de apoio.

Morfotipagem: distinção de possíveis espécies através de observações morfológicas, como proporções corporais, coloração, etc.

Onívoros: que se alimentam tanto de produtos de origem animal como vegetal.

Paleotocas: galerias feitas por animais pré-históricos.

Pilares: elementos verticais da estrutura da caverna e ocasionam passagens laterais nos condutos ou salões.

Quimioautotróficos: são organismos que utilizam a energia resultante da quebra de ligações químicas de compostos inorgânicos para sintetizar substâncias orgânicas.

Sedimentos clásticos: são aqueles detritos transportados e depositados ao longo dos condutos das cavernas.

Sedimentos autogênicos: gerados a partir de material do próprio substrato encaixante.

Sedimentos alogênicos: gerados fora da caverna.

Serapilheira: camada formada pela deposição e acúmulo de matéria orgânica morta em diferentes estágios de decomposição que reveste superficialmente o solo.

Surgências: nascente de água.

Bioespeleologia

Tricobótrios: cerdas sensoriais que podem ser encontradas em várias regiões do corpo de algumas espécies.

Troglóbios: espécies restritas ao meio subterrâneo.

Troglófilos: cavernícolas facultativos, capazes de viver e se reproduzir tanto no ambiente hipógeo como no epígeo, com indivíduos que transitam entre os dois ambientes, mantendo o fluxo gênico entre as populações.

Troglomorfismos: presença de caracteres evolutivos que podem estar relacionados ao ambiente hipógeo, como redução total ou parcial de órgãos visuais e pigmentação melânica, alongamento de apêndices e aumento de tricobótrios.

Trogloxenos: espécies que podem permanecer no interior das cavernas por algum tempo, mas são obrigados a sair periodicamente para o meio epígeo a fim de completar o ciclo de vida, para atividades como alimentação (caso mais comum) e/ou reprodução.

Zona afótica: com total ausência de luz.

ANEXOS

ANEXO 01 (RTC 03) - FICHAS DE GEOESPELEOLOGIA DAS CAVERNAS

ANEXO 02 (RTC 03) - MAPAS DAS CAVERNAS

MAPAS A2 _CAVERNAS BLOCO08

			
Projeto: PROJETO VALE DO RIO PARDO SUL AMERICANA DE METAIS			
Título: CAVERNA 059		Equipe: BRANDT TERRAVISION MC CONSULTORIA	
Município: GRÃO MOGOL-MG	Topografia: BCRA XD LASER SCANNER Z+F-5006H	Formato: A2	Data: 02/12 Folha: 01/02

			
Projeto: PROJETO VALE DO RIO PARDO SUL AMERICANA DE METAIS			
Título: CAVERNA 059		Equipe: BRANDT TERRAVISION MC CONSULTORIA	
Município: GRÃO MOGOL-MG	Topografia: BCRA XD LASER SCANNER Z+F-5006H	Formato: A2	Data: 02/12 Folha: 02/02

MAPAS A3_CAVERNAS BLOCO08

MAPAS A4_CAVERNAS BLOCO08

ANEXO 03 (RTC 03) - ESTUDO PALEONTOLÓGICO

ANEXO 04 (RTC 03) - LOCALIZAÇÃO DAS CAVIDADES NO MAPA DE GEOLOGIA LOCAL DO COMPLEXO MINERÁRIO

TÍTULO				MAPA LITOLÓGICO LOCAL - COMPLEXO MINERÁRIO			
PROJETO				VALE DO RIO PARDO			
EMPRESA				CONSULTORIA BRANDT MEIO AMBIENTE LTDA			
							
ELABORAÇÃO		ESCALA MAPA 01		DATA		LOCAL / ÁREA	
Geólogos Vitor Naves Cangirana e Leandro Coracini Ollita		1:10.000		Jan / Fev / 2012		Grão Mogol - MG	
FONTE		ARQUIVO			PROJEÇÃO		
Sul Americana de Metais 2010 - 2011		Mapa_Complexo_Mineralogico_Local_A0.mxd			UTM SAD 85 FUSO 23S		

ANEXO 05 (RTC 03) - LISTA DE ESPÉCIES (TROGLÓBIOS)



ANEXO 06 (RTC 03) - PLANILHA DE DADOS DAS COLETAS (QUIRÓPTEROS)



ANEXO 07 (RTC 03) - MAPA DE LOCALIZAÇÃO DAS CAVIDADES VALORADAS NO COMPLEXO MINERÁRIO

TÍTULO			
ÁREA DE INFLUÊNCIA DAS CAVERNAS DO COMPLEXO MINERÁRIO			
PROJETO			
Projeto Vale do Rio Pardo			
EMPRESAS			
		CONSULTORIA BRANDT MEIO AMBIENTE LTDA	
			
		SUL AMERICANA DE METAIS	
LOCAL / ÁREA		FORMATO	
Grão Mogol / Padre Carvalho (MG)		A0	
RESPONSÁVEL TÉCNICO	ESCALA	DATA	ARTICULAÇÃO
Ricardo Kai	1:15.000	Abril / 2012	--
FONTE	ARQUIVO/SOFTWARE	PROJEÇÃO	
IBGE, 2007 / Brandt 2011-2012 / SAM 2010-2012	Area_influencia_cavernas_Bloco8_A0.argis	UTM SAD 89 FUSO 23S	