



MINAS PCH

ANÁLISE DE RELEVÂNCIA E PROPOSTA DE ÁREA DE INFLUÊNCIA DE CAVIDADES NATURAIS SUBTERRÂNEAS

PROJETO UHE CANTO DO RIO

SANTA FILOMENA – PI, ALTO PARNAÍBA e
TASSO FRAGOSO - MA



Spelayon Consultoria

MINAS PCH LTDA

Análise de Relevância e Proposta de Área de Influência de Cavidades Naturais Subterrâneas

Projeto UHE Canto do Rio

Santa Filomena – PI, Alto Parnaíba e Tasso Fragoso - MA

Agosto / 2017

APRESENTAÇÃO

O presente documento refere-se à Análise de Relevância e Proposta de Área de Influência das cavidades naturais subterrâneas identificadas na área diretamente afetada – ADA e no entorno de 250 metros do reservatório da UHE Canto do Rio, prevista para ser implantada nos municípios de Santa Filomena (PI), Alto Parnaíba (MA) e Tasso Fragoso (MA). O projeto em questão é de responsabilidade da empresa Minas PCH S.A.

O empreendimento está inserido na região do Alto Rio Parnaíba, no domínio geológico da Bacia do Parnaíba. O estudo contempla **04** cavernas e **07** feições espeleológicas inseridas em litologia arenítica, associada a rochas do Grupo Balsas.

Na coleta dos dados primários foi realizada topografia de detalhe, análise geoespeleológica e análise da bioespeleologia das cavidades classificadas como caverna. Os trabalhos desenvolvidos têm como objetivo analisar o meio físico e biótico das cavernas, além do ambiente como um todo. Foram avaliados os atributos morfológicos, espeleométricos, geológicos, geomorfológicos, hidrológicos, além de aspectos socioeconômicos, culturais e o estado de conservação das cavernas e de seu entorno. Foi realizado ainda o inventário da fauna cavernícola, avaliadas as condições de luminosidade e substratos orgânicos.

Com o estudo pretende-se obter a classificação de cada caverna em relação ao grau de relevância por meio de comparação sob enfoque local e regional. As informações aqui apresentadas vêm atender ao Decreto Federal 6.640/2008, seguindo a metodologia estabelecida pela Instrução Normativa nº 2, do Ministério do Meio Ambiente, de 20 de agosto de 2009 (IN MMA 02/2009).

Além da classificação em relação ao grau de relevância, está sendo proposta a definição da área de proteção de cada cavidade. O estudo tem o intuito de preservar as condições naturais a que as cavidades estão expostas. A análise da área de influência apresentada segue as orientações do CECAV (disponível em icmbio.gov.br/cecav/images/stories/downloads/Orientacoes/Area_influencia_PE_sitio_CECAV).

EMPREENDEDOR

Razão Social	Minas PCH S.A.
CNPJ	07.895.905/0001-16
Contato	Gabriela Queiroz
Endereço	Avenida Getúlio Vargas, 874, 10º andar, Savassi / Belo Horizonte – MG CEP 30112- 021
Telefone	(031) 3069-0770
E-mail	gabrielaqueiroz@minaspch.com.br

EMPRESA EXECUTORA

Razão Social	Spelayon Consultoria – EPP
Endereço	Rua Dr. Newton de Paiva Ferreira, 26 – Novo São Lucas – Belo Horizonte/MG. CEP: 30.240-480
Contato	Mariana Barbosa Timo – (31) 99195 0381 mariana@spelayonconsultoria.com.br
Telefone	+ 55 (31) 3582 1197 / 3335 5783
Site	www.spelayonconsultoria.com

EQUIPE TÉCNICA

Técnico	Formação	Responsabilidade no projeto
Juliana Barbosa Timo	Geóloga/Espeleóloga CREA MG 106.978/D	- Coordenação Geral do Projeto; - Análise Geoespeleológica; - Análise de Relevância Meio físico; - Definição de Área de Influência
Ívia Lemos Barroso	Geógrafa/Espeleóloga CREA MG 140645/D	- Topografia de Cavidades; - Análise de Relevância Meio Físico
Elmir Lúcio Borges Filho	Biólogo/Espeleólogo CRBio 104037/04-D	- Caracterização Bioespeleológica; - Análise de Relevância Meio Biótico;
Thiago dos Santos	Biólogo/Espeleólogo CRBio 62372/04-D	- Definição de Área de Influência

Estes profissionais foram assessorados em seu trabalho por auxiliares que não estão sendo nominalmente citados, mas que merecem igual consideração em razão do apoio proporcionado em campo e em escritório.

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	17
2	LOCALIZAÇÃO E VIAS DE ACESSO	18
3	METODOLOGIA E PROCEDIMENTOS.....	19
4	CONTEXTUALIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO.....	21
4.1	Aspectos Geológicos	21
4.2	Geomorfologia	26
4.3	Hidrografia	28
4.4	Caracterização Climática	29
4.5	Vegetação.....	34
5	REGIÕES CÁRSTICAS BRASILEIRAS	36
6	DEFINIÇÃO DAS ESCALAS LOCAL E REGIONAL DE ANÁLISE	40
7	TOPOGRAFIA DAS CAVIDADES	44
7.1	Metodologia	44
7.2	Cavidades topografadas	46
8	CARACTERIZAÇÃO DAS CAVERNAS, ABRIGOS E REENTRÂNCIAS.....	49
8.1	Temperatura e Umidade Relativa do Ar	50
8.2	Luminosidade.....	52
8.3	Classificação das Feições Espeleológicas	54
8.4	Reentrância Amadeus	55
8.5	Reentrância Alto dos Bambus	58
8.6	Reentrância 03.....	61
8.7	Reentrância 07.....	64
8.8	Reentrância 08.....	67
8.9	Reentrância Artefato	70
8.10	Reentrância Mosca	73
9	GEOESPELEOLOGIA	76
9.1	Metodologia	76
9.2	Inserção na Paisagem	77



9.3	Litologia e estruturas.....	82
9.4	Recursos Hídricos.....	86
9.5	Depósitos Sedimentares.....	87
9.5.1	Depósitos Clásticos.....	87
9.5.2	Depósitos Químicos.....	88
9.6	Morfologia e Planimetria.....	88
9.7	Gênese das Cavidades.....	92
10	CARACTERIZAÇÃO BIOESPELEOLÓGICA.....	93
10.1	Objetivos.....	97
10.1.1	Objetivo geral.....	97
10.1.2	Objetivos específicos.....	97
10.2	Método.....	97
10.2.1	Coleta de dados.....	97
10.2.2	Identificações das espécies.....	101
10.2.3	Troglóbios e Troglomorfismos.....	102
10.2.4	Raridade.....	103
10.2.5	Troglóbios raros.....	104
10.2.6	Vertebrados.....	105
10.2.7	Animais em risco de extinção.....	106
10.2.8	Análise de relevância.....	106
10.2.9	Riqueza.....	106
10.2.10	Abundância relativa.....	106
10.3	Resultados e Discussão.....	107
10.3.1	Caracterização geral da fauna cavernícola.....	107
10.3.1.1	Invertebrados.....	109
10.3.1.2	Vertebrados.....	113
10.3.1.3	Troglomórficos e Troglóbios.....	119
10.3.1.4	Táxons Novos.....	119
10.3.2	Caracterização das condições ambientais.....	119



10.3.3	Caracterização das condições bióticas.....	121
10.3.4	Análises.....	126
10.3.4.1	Estimativa de riqueza de espécies.....	126
10.3.4.2	Abundância Relativa de Espécies.....	129
10.3.4.3	Similaridade.....	129
10.3.5	Discussões ecológicas.....	130
11	ATENDIMENTO ÀS CONDICIONANTES - LICENÇA DE COLETA BIOESPELEOLÓGICA.....	134
1.1	CONDICIONANTES GERAIS:.....	134
1.2	CONDICIONANTES ESPECÍFICAS.....	135
12	ANÁLISE DE RELEVÂNCIA.....	137
12.1	Metodologia.....	137
12.2	Discriminação Litológica.....	138
12.3	Definição das escalas Local e Regional.....	138
12.4	Cálculos espeleométricos.....	139
12.5	Os cálculos de Riqueza de Espécies, Abundância Relativa de Espécies e Diversidade de Substratos Orgânicos.....	141
12.6	Graus de Relevância das Cavidades.....	142
12.6.1	Atributos de Relevância Máxima.....	144
12.6.2	Os graus de importância das cavidades para classificação das relevâncias alta, média e baixa.....	148
<input type="checkbox"/>	Importância Acentuada sob Enfoque Local e Regional.....	148
<input type="checkbox"/>	Importância Acentuada sob Enfoque Local.....	156
<input type="checkbox"/>	Importância Significativa sob Enfoque Local e Regional.....	161
<input type="checkbox"/>	Importância Significativa sob Enfoque Local.....	165
13	CONSIDERAÇÕES DA ANÁLISE DE RELEVÂNCIA.....	170
14	DEFINIÇÃO DE ÁREA DE INFLUÊNCIA.....	173
14.1	Dinâmica evolutiva das cavidades.....	173
14.1.1	Bacia de contribuição hídrica.....	174

14.1.2	Área de Infiltração	179
14.1.3	Processos Espeleogenéticos	179
14.1.4	Transporte de Sedimentos Detríticos	180
14.2	Integridade física.....	181
14.3	Ecosistema subterrâneo	181
14.3.1	Água como agente no aporte de recursos.....	182
14.3.2	Vento como agente no aporte de recursos.....	182
14.3.3	Trogloxenos como agentes no aporte de recursos	183
14.3.4	Contribuição dos acidentais no aporte de recursos	184
14.3.5	Contribuição de sistemas radiculares no aporte de recursos	185
14.3.6	Conectividade Subterrânea.....	185
14.3.7	Vulnerabilidade dos Sistemas Cársticos.....	186
14.4	Delimitação da área de influência	186
15	REFERÊNCIAS	192

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1: Amostra Espeleométrica.	i
Anexo 2: Croquis Topográficos das Cavidades.....	ii
Anexo 3: Fichas Geoespeleológicas das Cavernas.	iii
Anexo 4: Modelo de Ficha Bioespeleológica.....	iv
Anexo 5: Lista de Espécies.	v
Anexo 6: Lista de Espécies para Cálculo de Abundância.	vi
Anexo 7: Licença de Coleta e Cartas de Aceite.	vii
Anexo 8: ART e CTF.	viii
Anexo 9: Comprovante de envio Declaração de aptidão dos Técnicos	ix
Anexo 10: Diagnóstico Espeleológico UHE Canto do Rio (Soma, 2017).....	x

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Mapa de localização e acessos.....	18
Figura 2: Mapa Geológico da Bacia do Parnaíba. Fonte: Santos & Carvalho (2009), baseado em Lima & Leite, 1978 e Schobbenhaus et al., 1981. Destaque em vermelho para a localização aproximada da UHE Canto do Rio.	21

Figura 3: Carta estratigráfica da Bacia do Parnaíba.....	22
Figura 4: Perfil da Formação Piauí, mostrando a transição de sedimentação subaérea para subaquática. Fonte: CRPM (2009).....	24
Figura 5: Principais Estruturas Tectônicas da Bacia do Parnaíba. Fonte: Cunha (1986), retirado de EIA UHE Canto do Rio.	25
Figura 6: Domínios Morfoestruturais e Morfoclimáticos do Brasil. Fonte: IBGE, 2009, p. 28.....	27
Figura 7: Mapa hidrográfico. Retirado de SOMA (2017).	29
Figura 8: Classificação climática de Köppen para o Brasil. Retirado de SOMA (2017).	30
Figura 9: Precipitação em Tasso Fragoso - MA.	31
Figura 10: Precipitação (mm) no período de 01 a 31 de março de 2017, na Estação Meteorológica Alto Parnaíba. Fonte: INMET, 2017.	32
Figura 11: Precipitação (mm) no período de 14 de julho a 12 de agosto de 2017, na Estação Meteorológica Alto Parnaíba. Fonte: INMET, 2017.	32
Figura 12: Precipitação (mm) acumulada mensal na Estação Meteorológica Alto Parnaíba. Fonte: INMET, 2017.....	33
Figura 13: Temperaturas Mínima e Máxima em Tasso Fragoso - MA.	33
Figura 14: Províncias Espeleológicas do Brasil (Fonte: Base de Dados CECAV, 2011).	37
Figura 15: Área de estudo em relação à Unidade Espeleológica.....	43
Figura 16: Mapa de localização das cavidades topografadas.....	48
Figura 17: Croqui topográfico da feição Reentrância Amadeus.	57
Figura 18: Croqui topográfico da feição Reentrância Alto dos Bambus.	60
Figura 19: Croqui topográfico da feição Reentrância 03.	63
Figura 20: Croqui topográfico da feição Reentrância 07.	66
Figura 21: Croqui topográfico da feição Reentrância 08.	69
Figura 22: Croqui topográfico da feição Reentrância Artefato.....	72
Figura 23: Croqui topográfico da feição Reentrância Mosca.....	75
Figura 24: Vista aérea com o posicionamento da Caverna Lasca do Abrigo (ponto na cor laranja) no relevo em relação ao Rio Parnaíba. O sentido do fluxo do rio é indicado pela seta azul, que está na direção NE no trecho indicado.....	78
Figura 25: Vista aérea, com o posicionamento da Caverna Morcego Encantado e Caverna Dá Pra Dormir (pontos na cor laranja) no relevo em relação ao Rio Parnaíba. A localização do rio e o sentido do fluxo são indicados pela seta azul, que está na direção NE no trecho indicado.	79

Figura 26: Vista aérea com o posicionamento da Caverna do Francisco (pontos na cor laranja) no relevo em relação ao Rio Parnaíba. O sentido do fluxo do rio é indicado pela seta azul, que está na direção N no trecho indicado.....	80
Figura 27: Mapa geológico da área, com a localização das cavidades. Modificado de Vasconcelos et al. (2004), referente a Carta Geológica do Brasil ao Milionésimo, convênio IBGE-ANEEL-CPRM, Folha SC.23 Rio São Francisco elaborada no datum SAD69.	83
Figura 25: Metodologia de busca ativa nas cavidades do projeto. a) Caverna Francisco e b) Caverna Morcego Encantado.	98
Figura 29: Indivíduos da Classe Insecta coletados na área do projeto. a) <i>Nasutidermes</i> sp.2 observado na Cav. Dá Pra Dormir, b) <i>Camponotus</i> sp.4 observado na Caverna Lasca do Abrigo, c) <i>Strinatia</i> sp.1 observado na Caverna Francisco e d) <i>Drosophilidae</i> sp.1 observado na cavidade Morcego Encantado.....	111
Figura 27: Indivíduos da Ordem Araneae coletados na área do projeto. a) <i>Loxosceles</i> sp.1 observado na Caverna Dá Pra Dormir, b) <i>Nesticodes rufipes</i> observado na Caverna Francisco, c) <i>Sicarius cariri</i> observado na cavidade Morcego Encantado e d) <i>Ctenidae</i> jovem observado na Cav. Francisco.	112
Figura 31: <i>Carollia brevicauda capturada</i> no interior da cavidade Caverna Do Francisco.	114
Figura 32: <i>Peropteryx trinitatis</i> capturado no interior da cavidade Caverna Dá pra Dormir.	114
Figura 33: <i>Tropidurus semitaeniatus</i>	115
Figura 34: <i>Tropidurus oreadicus</i>	116
Figura 35: <i>Phyllopezus pollicaris</i>	117
Figura 36: Indivíduos jovens de <i>Cathartidae</i> sp. encontrados no interior da Cav. Lasca do Abrigo.	118
Figura 37: Registro de detritos. a) Caverna Lasca do Abrigo e b) Caverna do Francisco.	123
Figura 38: Registro de raiz: a: Caverna dá pra dormir, b: Caverna Lasca do Abrigo e c: Caverna do Francisco.....	124
Figura 39: Registro de material vegetal. a) Caverna Lasca do Abrigo e b) Caverna Morcego Encantado.....	125
Figura 40: a: Registro de guano pontual na Caverna dá pra dormir. B: Registro de acúmulo de guano na Caverna do Francisco.	125
Figura 41: Registro de Fezes. a) Caverna Morcego Encantado e b) Caverna Dá Pra Dormir.	125
Figura 42: Representação da Amostra Local e Amostra Regional utilizadas no estudo.	139

Figura 43: Chave para a classificação do grau de relevância das cavidades naturais subterrâneas, segundo a Instrução Normativa Nº 2, do MMA.	143
Figura 44: Localização das cavidades para a delimitação da área de influência.....	175
Figura 45: Limite da contribuição hídrica para a Caverna Lasca do Abrigo.....	176
Figura 46: Limite da contribuição hídrica para a Caverna dá Pra Dormir e Caverna Morcego Encantado.....	177
Figura 47: Limite da contribuição hídrica para a Caverna do Francisco.	178
Figura 48: Quanto mais profunda a caverna maior a capacidade de dispersão da água infiltrada, representada na figura pela linha de cor laranja (fonte: AULER, 2006).	179
Figura 49: Sedimentos detríticos em um sistema de caverna. As cores correspondem aos tipos de preenchimentos da porosidade secundária: A-material pedogenizado ou proveniente da superfície; B- Alúvio; C- Lamas lacustres ou epifreáticas; D- Resíduo insolúvel; E- Água; F- Guano e outros depósitos orgânicos. As setas ilustram as principais fontes de injeção de detritos. I- Fraturas ampliadas do epicarte; II- Abismos; III- Sumidouros; IV- Abatimentos internos; V- Bacias subterrâneas; VI- Retro inundação. Fonte: (LAUREANO & KARMANN, 2013).	181
Figura 50: Registro de detritos. a) Caverna Lasca do Abrigo e b) Caverna do Francisco.	183
Figura 51: “Compartimentos” de habitats desde o sistema epígeo até uma macro caverna. Em vermelho, as categorias de morfologia diferenciada mais frequentemente associada a cada compartimento e, em verde, as categorias ecológico-evolutivas de organismos associadas às suas morfologias preferenciais (ou mais frequentemente encontradas). Fonte: ICMBio, 2011.....	185
Figura 52: Área de influência proposta para a Caverna Lasca do Abrigo.	188
Figura 53: Área de influência proposta para a Caverna dá Pra Dormir e Caverna Morcego Encantado.....	189
Figura 54: Área de influência proposto para a Caverna do Francisco.	190

ÍNDICE DE FOTOS

Foto 1: Morros residuais presentes na área. Fonte: Spelayon, 2017.....	26
Foto 2: Relevo com morfologia de chapada. Fonte: Spelayon, 2017.....	26
Foto 3: Savana rebrotando após queimada. Fonte: Spelayon, 2017.	34
Foto 4: Savana arborizada, com presença de solo bastante arenoso e poucas árvores de grande porte. Fonte: Spelayon, 2017.	34
Foto 5: Localização da feição no paredão.....	55
Foto 6: Vista da Reentrância Amadeus, demonstrando suas pequenas dimensões.	55
Foto 7: Localização da feição na vertente.	58

Foto 8: Interior da Reentrância Alto Bambus, demonstrando suas pequenas dimensões.	58
Foto 9: Pequena poça formada por gotejamento.	59
Foto 10: Sedimentos finos em meio a seixos observados no piso da feição.	59
Foto 11: Interior da cavidade evidenciando sua pequena dimensão.	62
Foto 12: Estratificação cruzada presente.	62
Foto 13: Formação de canalículos em estrutura horizontal da rocha.....	62
Foto 14: Fraturamento da rocha formando a escarpa do afloramento.	62
Foto 15: Feição Reentrância 07 com suas pequenas dimensões.....	65
Foto 16: Presença de sedimento fino e matéria orgânica no piso da feição.	65
Foto 17: Reentrância 08 com entrada estreita.	68
Foto 18: Canalículos observados na região de entrada.	68
Foto 19: Posicionamento da feição na vertente.	70
Foto 20: Entrada da cavidade evidenciando suas pequenas dimensões internas.....	70
Foto 21: <i>Bell Holes</i> , feição observada no teto da cavidade.....	70
Foto 22: interior da feição com grande quantidade de sedimento fino acumulado no piso.	70
Foto 23: Maciço onde se encontra a feição com indicação de sua localização.	74
Foto 24: Interior da feição Reentrância Mosca.....	74
Foto 25: Inscrições em paredão ao lado da entrada da feição.....	74
Foto 26: Inscrições em paredão ao lado da entrada da feição.....	74
Foto 27: Afloramento onde está inserida a Caverna Lasca do Abrigo.	80
Foto 28: Vista de dentro da Caverna dá Pra Dormir para a morfologia de chapadas no relevo. Fonte: Spelayon, 2017.....	80
Foto 29: Vista de dentro da Caverna Morcego Encantado. Fonte: Spelayon, 2017. ...	81
Foto 30: Vista de dentro da Caverna do Francisco para a vegetação as margens do Parnaíba. Fonte: Spelayon, 2017.....	81
Foto 31: Vista para a paisagem onde a Caverna do Francisco está inserida. Com uma escarpa verticalizada com mais de 20 m de altura. A cavidade está inserida em um afloramento de 4 m mais próximo do leito do rio Parnaíba, como um patamar antes da escarpa principal.....	81
Foto 32: Entrada da Caverna do Francisco posicionada em patamar na escarpa. Fonte: Spelayon, 2017.....	82
Foto 33: Entrada da Caverna Morcego Encantado na base da escarpa. Fonte: Spelayon, 2017.....	82
Foto 34: Entrada da Caverna dá Pra Dormir posicionada na base do afloramento. Fonte: Spelayon, 2017.....	82

Foto 35: Entrada da Caverna Lasca do Abrigo posicionado em patamar do maciço. Fonte: Spelayon, 2017.....	82
Foto 36: Variação entre um conglomerado de fragmentos tamanho seixo a grânulo com um arenito conglomerático. Fonte: Spelayon, 2017.	84
Foto 37: Conglomerado com fragmentos tamanho bloco a matacão que ocorre no interior da cavidade. Fonte: Spelayon, 2017.	84
Foto 38: Arenito de cor branca que é predominante no maciço. Fonte: Spelayon, 2017.	84
Foto 39: Porções preservadas que pendem do teto da caverna e pode ter origem na percolação de óxido de ferro na rocha. Fonte: Spelayon, 2017.	84
Foto 40: Detalhe do arenito róseo de grãos finos a médios, na Caverna Lasca do Abrigo. Fonte: Spelayon, 2017.....	85
Foto 41: Arenito com estratificação cruzada e nível pelítico entre os estratos do acamamento, na Caverna dá Pra Dormir. Fonte: Spelayon, 2017.....	85
Foto 42: Arenito com estratificação cruzada na Caverna Morcego Encantado. Fonte: Spelayon, 2017.....	85
Foto 43: Arenito com marca de onda no teto da Caverna Morcego Encantado. Fonte: Spelayon, 2017.....	85
Foto 44: Afloramento da Caverna dá Pra Dormir, onde pode ser visualizada a erosão diferencial ao longo dos planos de acamamento horizontal. Fonte: Spelayon, 2017...	86
Foto 45: Interior da Caverna Morcego encantado, onde se destacam os planos de fratura no afloramento de arenito. Fonte: Spelayon, 2017.....	86
Foto 46: Escarpa do afloramento da Caverna Lasca do Abrigo acompanhando a direção de fraturamento. Fonte: Spelayon, 2017.	86
Foto 47: Acúmulo de água em depressões formadas pelo gotejamento localizado na Caverna Dá Pra Dormir. Fonte: Spelayon 2017.	87
Foto 48: Sedimento fino que predomina no piso da Caverna dá Pra Dormir. Fonte: Spelayon, 2017.....	88
Foto 49: Depósito localizado de blocos e matações em parte da entrada da Caverna Morcego Encantado. Fonte: Spelayon, 2017.	88
Foto 50: Entrada da Caverna Morcego Encantado com mais de 2 m de altura. Fonte: Spelayon, 2017.....	89
Foto 51: Entrada da Caverna do Francisco, com largura da entrada maior que a altura. Fonte: Spelayon, 2017.....	89
Foto 52: Entrada da Caverna Lasca do Abrigo com largura maior que altura e formato lenticular. Fonte: Spelayon, 2017.	89
Foto 53: Caverna Lasca do Abrigo, com teto baixo em todo o seu pequeno desenvolvimento. Fonte: Spelayon, 2017.....	89

Foto 54: Caverna Morcego Encantado, salão mais amplo na entrada e conduto de teto muito baixo. Fonte: Spelayon, 2017.	89
Foto 55: Conduto da Caverna do Francisco. Fonte: Spelayon, 2017.	90
Foto 56: Conduto estreito na Caverna Dá Pra Dormir. Fonte: Spelayon, 2017.	90
Foto 57: Vista da Caverna dá Pra Dormir, com feições arredondadas. Fonte: Spelayon, 2017.	90
Foto 58: Parede da Caverna dá Pra Dormir com porções lisas e arredondadas. Fonte: Spelayon, 2017.	90
Foto 59: Alvéolos registrados na Caverna da Pra Dormir. Fonte: Spelayon, 2017.	91
Foto 60: Pendentes resistentes à erosão preservados no teto da Caverna do Francisco. Fonte: Spelayon, 2017.	91
Foto 61: Canalículo observado na cavidade Morcego Encantado. Fonte: Spelayon, 2017.	91

ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico 1: Diversidade faunística observada no projeto.	108
Gráfico 2: Riqueza e abundância de vertebrados registrados em todo o estudo.	118
Gráfico 3: Abundância de indivíduos por táxon de vertebrados em todo o estudo.	119
Gráfico 4: Zonagens nas cavidades do projeto.	120
Gráfico 5: Predominância das zonagens nas cavidades do projeto.	120
Gráfico 6: Diversidade de substratos orgânicos encontrados nas cavidades do projeto.	122
Gráfico 7: Riqueza de morfoespécies por cavidade do projeto UHE Canto do Rio. ..	127
Gráfico 8: Curva de rarefação construída com base nas espécies coletadas em 04 cavidades do presente projeto.	128
Gráfico 9: Dendograma de similaridade das cavidades do presente Projeto.	130

ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 1: Cavidades amostra local e regional.	42
Tabela 2: Principais características espeleométricas das cavidades topografadas.	47
Tabela 3: Dados climáticos da estação meteorológica de Alto Parnaíba, MA.	51
Tabela 4: Dados de temperatura e umidade relativa do ar em relação a estação topográfica.	51
Tabela 5: Valores comuns de níveis de luz durante dia e noite. Disponível em http://www.engineeringtoolbox.com/light-level-rooms-d_708.html	53
Tabela 6: Valores de luminosidade relacionados às estações topográficas.	53
Tabela 7: Cavernas identificadas na área do Projeto UHE Canto do Rio.	54
Tabela 8: Feições identificadas na área do Projeto UHE Canto do Rio.	55

Tabela 9: Datas referentes à campanha de campo nas cavidades estudadas.	98
Tabela 10: Instituições depositárias de material biológico.	101
Tabela 11: Taxonomistas, especialistas em cada grupo de organismos.	103
Tabela 12: Dados sazonais e alimentares das espécies de morcego encontradas na área do estudo e sua respectiva abundância.	113
Tabela 13: Identificação da espécie de lagarto encontrada, sazonalidade e característica ecológica.	115
Tabela 14: Espécies de aves encontradas no estudo.	117
Tabela 15: Tamanho e as respectivas zonações de luminosidade observadas em cada uma das cavidades.	120
Tabela 16: Condições ambientais registradas nas cavidades estudadas.	121
Tabela 17: Substratos biológicos registrados nas cavidades estudadas pela equipe de bioespeleologia.	125
Tabela 18: Classificação de riqueza das cavidades localizadas no projeto.	127
Tabela 19: Abundância relativa de espécies das cavidades estudadas.	129
Tabela 20: Número de cavidades analisadas na comparação de cada parâmetro espeleométricos.	140
Tabela 21: Cálculo dos dados espeleométricos da amostra regional.	140
Tabela 22: Classificação dos parâmetros espeleométricos das cavidades estudadas de acordo com.	140
Tabela 23: Cálculo dos dados espeleométricos da amostra local.	140
Tabela 24: Classificação dos parâmetros espeleométricos das cavidades estudadas de acordo com a amostra local.	141
Tabela 25: Atributos físicos, histórico-culturais e biológicos considerados de Relevância Máxima.	144
Tabela 26: Valores de corte para dimensões notáveis.	145
Tabela 27: Atributos considerados de importância acentuada sob enfoque local e regional para classificação do grau de relevância.	148
Tabela 28: Ocorrência de espécies com função ecológica importante nas cavidades do projeto.	149
Tabela 29: Classificação da riqueza das cavidades de acordo com a IN 02/2009. ...	150
Tabela 30: Classificação da abundância relativa das cavidades de acordo com a IN 02/2009.	150
Tabela 31: Espécies com população excepcional em tamanho na área de estudo. ...	152
Tabela 32: Projeção horizontal sob enfoque regional para cavidades da amostra. ...	152
Tabela 33: Área da projeção horizontal sob enfoque regional para cavidades da amostra.	153

Tabela 34: Volume sob enfoque regional para cavidades para cavidades da amostra.	153
Tabela 35: Atributos bióticos, físicos e histórico- culturais considerados de importância acentuada sob enfoque local para classificação de grau de relevância.....	156
Tabela 36: Classificação das cavidades quanto à presença de substratos orgânicos.	157
Tabela 37: Classificação da riqueza das cavidades de acordo com a IN 02/2009. ...	157
Tabela 38: Classificação da abundância relativa das cavidades de acordo com a IN 02/2009.....	158
Tabela 39: Atributos biótico, físicos – históricos culturais considerados de importância significativa sob enfoque local e regional para classificação de grau de relevância. .	161
Tabela 40: Projeção horizontal sob enfoque regional para cavidades da amostra. ...	162
Tabela 41: Área da projeção horizontal sob enfoque regional para cavidades da amostra.	162
Tabela 42: Parâmetro espeleométrico do desnível sob enfoque regional para cavidades do estudo.....	163
Tabela 43: Volume sob enfoque regional para cavidades para cavidades da amostra.	163
Tabela 44: Atributos bióticos, físicos e históricos – culturais considerados de importância significativa sob enfoque local para classificação de grau de relevância.....	165
Tabela 45: Classificação das cavidades quanto à presença de substratos orgânicos.	166
Tabela 46: Classificação da riqueza das cavidades de acordo com a IN 02/2009. ...	166
Tabela 47: Classificação da abundância relativa das cavidades de acordo com a IN 02/2009.....	166
Tabela 48: Projeção horizontal sob enfoque local para cavidades da amostra.	167
Tabela 49: Área da projeção horizontal sob enfoque local para cavidades da amostra.	167
Tabela 50: Parâmetro espeleométrico do desnível sob enfoque local para cavidades do estudo.....	168
Tabela 51: Volume sob enfoque local para cavidades para cavidades da amostra...	168
Tabela 52: Síntese da relevância das cavidades considerando os atributos bióticos, físicos e histórico- culturais.....	170
Tabela 53: Dados sazonais e alimentares da espécie de morcego encontrada na área do estudo e suas cavidades de ocorrência.	184

1 INTRODUÇÃO

Empreendimentos de qualquer natureza previstos em áreas de ocorrência de cavidades naturais subterrâneas ou de potencial espeleológico, tem sua instalação e funcionamento condicionados ao licenciamento pelo órgão ambiental competente (Decreto Federal nº 99.556, 1990). No processo de licenciamento ambiental, as cavidades naturais subterrâneas devem ser classificadas de acordo com seu grau de relevância em máximo, alto, médio ou baixo, determinado pela análise de atributos ecológicos, biológicos, geológicos, hidrológicos, paleontológicos, cênicos, histórico-culturais e socioeconômicos, avaliados sob enfoque regional e local (Decreto Federal nº 6.640, 2008). A metodologia para a classificação das cavidades em graus de relevância deve seguir os critérios estabelecidos pela Instrução Normativa Nº 02, publicada em 2009 pelo Ministério do Meio Ambiente (IN MMA 02/2009).

De acordo com o Decreto Federal nº 6.640, a cavidade com grau de relevância máximo e sua área de influência não podem ser objeto de impactos negativos irreversíveis, sendo que sua utilização deve fazer-se somente dentro de condições que assegurem sua integridade física e a manutenção do seu equilíbrio ecológico. A cavidade classificada com grau de relevância alto, médio ou baixo poderá ser objeto de impactos negativos irreversíveis, mediante licenciamento ambiental.

Este relatório tem como finalidade dar subsídios para a classificação em graus de relevância de 04 (quatro) cavernas identificadas na área diretamente afetada – ADA e entorno de 250 m da UHE Canto do Rio, prevista para ser instalada nos municípios de Santa Filomena (PI), Alto Parnaíba (MA) e Tasso Fragoso (MA).

No Diagnóstico Espeleológico inicial foram identificadas 11 (onze) cavidades na ADA e em seu entorno de 250 metros. Com a continuidade dos estudos para avaliação do grau de relevância, que incluem a topografia de detalhe, análise geoespeleológica e análise bioespeleológica, as cavidades foram reclassificadas, resultando em 04 (quatro) feições do tipo “caverna” e 07 (sete) feições do tipo “reentrância”. Neste documento será apresentada a caracterização e o croqui topográfico de todas as 11 (onze) feições espeleológicas.

A elaboração do relatório foi feita segundo os preceitos estabelecidos na legislação ambiental vigente, em especial o Decreto Federal nº 6.640/2008, que altera o Decreto Federal nº 99.556/1990 e a IN MMA 02/2009.

2 LOCALIZAÇÃO E VIAS DE ACESSO

A área em estudo está localizada nos municípios de Santa Filomena (PI), Alto Parnaíba (MA) e Tasso Fragoso (MA). A UHE Canto do Rio está prevista para o rio Parnaíba, com o eixo da barragem situado a 1.199 km da foz, no município de Tasso Fragoso.

O empreendimento está na divisa dos estados do Piauí e Maranhão e o melhor acesso é pelo Estado do Maranhão. A partir do município de Balsas, percorrem-se cerca de 140 km para o sul, pela rodovia asfaltada MA-006 até chegar ao município de Tasso Fragoso. Para chegar ao local previsto para o eixo da UHE Canto do Rio, parte-se da cidade de Tasso Fragoso pela rodovia estadual MA-006, seguindo por aproximadamente 16 km em direção a Alto Parnaíba. Deste local, deriva-se à esquerda por estrada de terra por cerca de 8 km até o eixo do aproveitamento.

A transposição rodoviária do rio Parnaíba, em Tasso Fragoso ou Alto Parnaíba – Santa Filomena é feita através de balsas, sendo movidas pela força da própria correnteza do rio. As distâncias da sede do Município de Tasso Fragoso, em cujas terras se localiza a margem esquerda do eixo da UHE Canto do Rio, às principais cidades vizinhas são: Alto Parnaíba (MA)/ Santa Filomena (PI) 90 km, Balsas (MA) 150 km, Carolina (MA) 320 km e Gilbués (PI) 150 km.

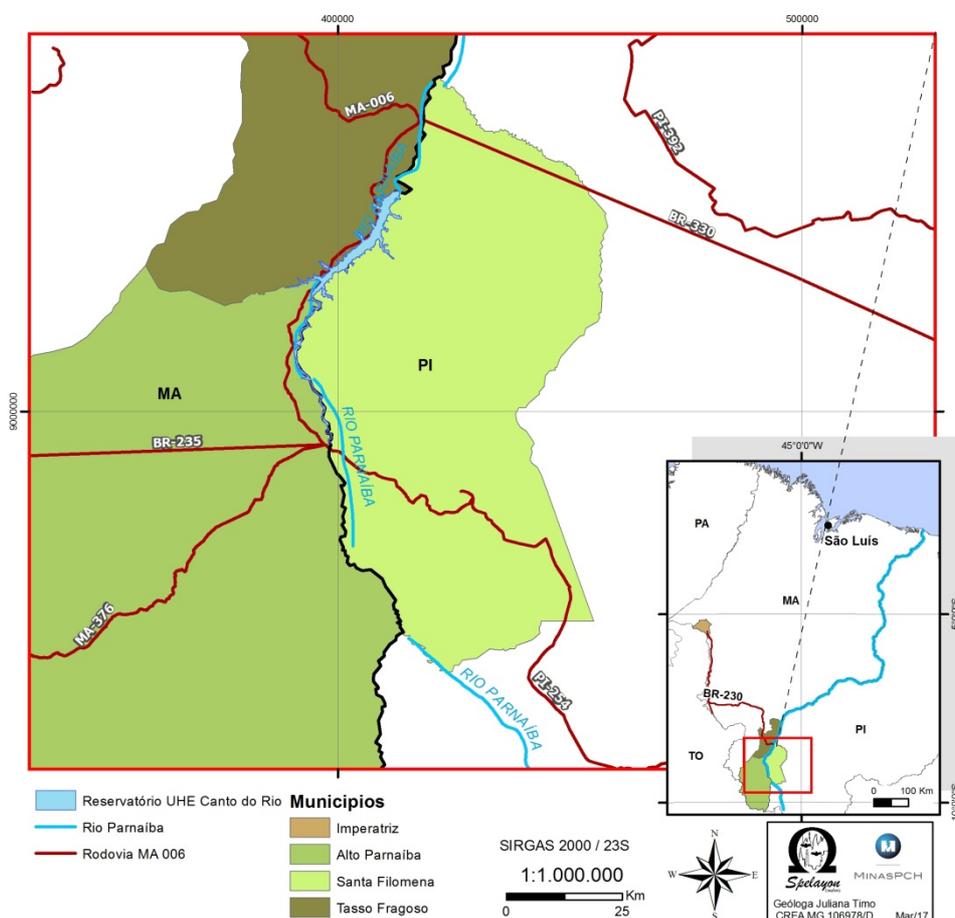


Figura 1: Mapa de localização e acessos.

3 METODOLOGIA E PROCEDIMENTOS

O presente capítulo apresenta a metodologia utilizada para realização do Diagnóstico Geoespeleológico, Diagnóstico Bioespeleológico e Proposta de Área de Influência de 04 cavidades naturais subterrâneas inseridas na área diretamente afetada – ADA e no entorno de 250 metros do reservatório da UHE Canto do Rio, prevista para ser implantada nos municípios de Santa Filomena (PI), Alto Parnaíba (MA) e Tasso Fragoso (MA).

3.1 Levantamento Bibliográfico

Inicialmente, antes da campanha de campo, foi realizado o levantamento do contexto regional da área de estudo, abrangendo uma caracterização preliminar da geologia, geomorfologia e hidrografia. Conforme o posicionamento, a área foi classificada quanto à unidade espeleológica e unidade geomorfológica a que pertence. A litologia de ocorrência das cavidades também pôde ser identificada.

Foi consultada bibliografia publicada sobre espeleologia em rochas siliciclásticas em outras províncias areníticas. Foi também realizada uma busca extensiva por informações a respeito de cavidades naturais subterrâneas existentes no domínio espeleológico da área de estudo. Além do site do CECAV (Centro Nacional de Pesquisa e Conservação de Cavernas) e CNC (Cadastro Nacional de Cavernas), os seguintes artigos e relatórios referentes à região de interesse foram consultados:

- GEOANÁLISES. Levantamento Espeleológico Das Cavidades na Área da AHE Estreito na Área de Alagamento do Futuro Reservatório. Geoanálises Sondagens e Monitoramento. Setembro 2010.
- BIOTA. Levantamento Espeleológico do Parque Nacional da Chapada das Mesas. Relatório Técnico Final. Biota Projetos e Consultoria Ambiental LTDA. UHE Estreito, 2013.
- ATINGEN, N. V.; SCHERER, B. S.; VARÃO, A. M. Estudos Espeleológicos das Cavidades Naturais na Área da UHE - Estreito - MA/TO: Prospecção e Documentação Básica. In: 31º Congresso Brasileiro de Espeleologia. Ponta Grossa-PR, SBE, Anais. 2011.
- CHESF; CNEC. Caracterização do Patrimônio Espeleológico da Área de Influência Direta do AHE Ribeiro Gonçalves. Agosto 2011.

3.2 Dados Disponibilizados

Informações relevantes para a elaboração deste estudo foram disponibilizadas pelo empreendedor, como os dados vetoriais da topografia e imagem aérea do local. Foi disponibilizado também o Estudo de Impacto Ambiental (EIA) da área da UHE Canto do Rio. Nesse estudo constam informações que permitem a caracterização ambiental da área, além do Estudo de Potencialidade Espeleológica - Diagnóstico Espeleológico da UHE Canto do Rio.

- SOMA Consultoria Ambiental. 2017. Estudo de Impacto Ambiental – EIA UHE Canto do Rio, Revisão 02, Rio Parnaíba MA/PI, 4.461 p.

A prospecção referente à ADA e AID da área do empreendimento foi realizada sob a responsabilidade da empresa SOMA CONSULTORIA AMBIENTAL. Os trabalhos foram coordenados pelo Professor Dr. Claudio Eduardo de Castro, no período de 07 a 16 de julho de 2016, sendo encontradas 47 feições. Os resultados desta prospecção, acompanhado da metodologia detalhada, data de prospecção, duração e mapa de caminhamento podem ser verificados em SOMA (2017).

3.3 Levantamento e Análise dos Dados

A metodologia de coleta e análise de dados na etapa de topografia das cavidades, no levantamento da geoespeleologia e da bioespeleologia será detalhada nos capítulos seguintes. As informações foram avaliadas de forma a atender a Instrução Normativa MMA 02/2009, que regulamenta os estudos espeleológicos para licenciamento ambiental. A metodologia para classificação do grau de relevância das cavidades é apresentada no Capítulo 12. As definições para proposta de área de influência das cavidades podem ser verificadas no Capítulo 14.

4 CONTEXTUALIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

4.1 Aspectos Geológicos

O empreendimento será instalado na região do Alto Rio Parnaíba, no ocidente do Nordeste brasileiro. A área está inserida na porção sul do domínio geológico da Bacia intracratônica do Parnaíba.

A sucessão de rochas sedimentares que compõe a bacia apresenta uma evolução complexa com caráter policíclico. Vaz et al. (2007) dividem a bacia do Parnaíba em cinco supersequências deposicionais: siluriana, equivalente ao Grupo Serra Grande; mesodevoniano-eocarbonífera, correspondente ao Grupo Canindé; a sequência neocarbonífera-eotriássica, referente ao Grupo Balsas; a sequência jurássica, correspondente à Formação Pastos Bons; e a sequência cretácea, equivalente às formações Codó, Corda, Grajaú e Itapecuru. Além dessas sequências deposicionais os autores incluem na evolução estratigráfica da bacia os derrames vulcânicos e as intrusões magmáticas das formações Mosquito (Jurássico) e Sardinha (Cretáceo).

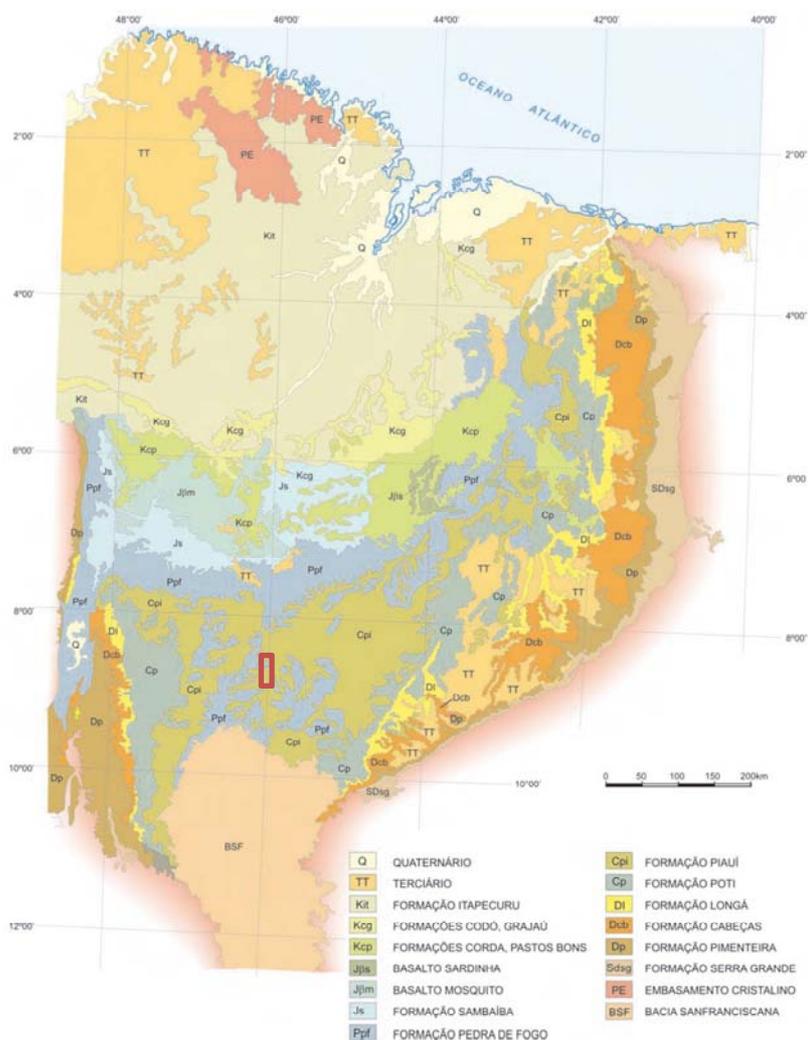
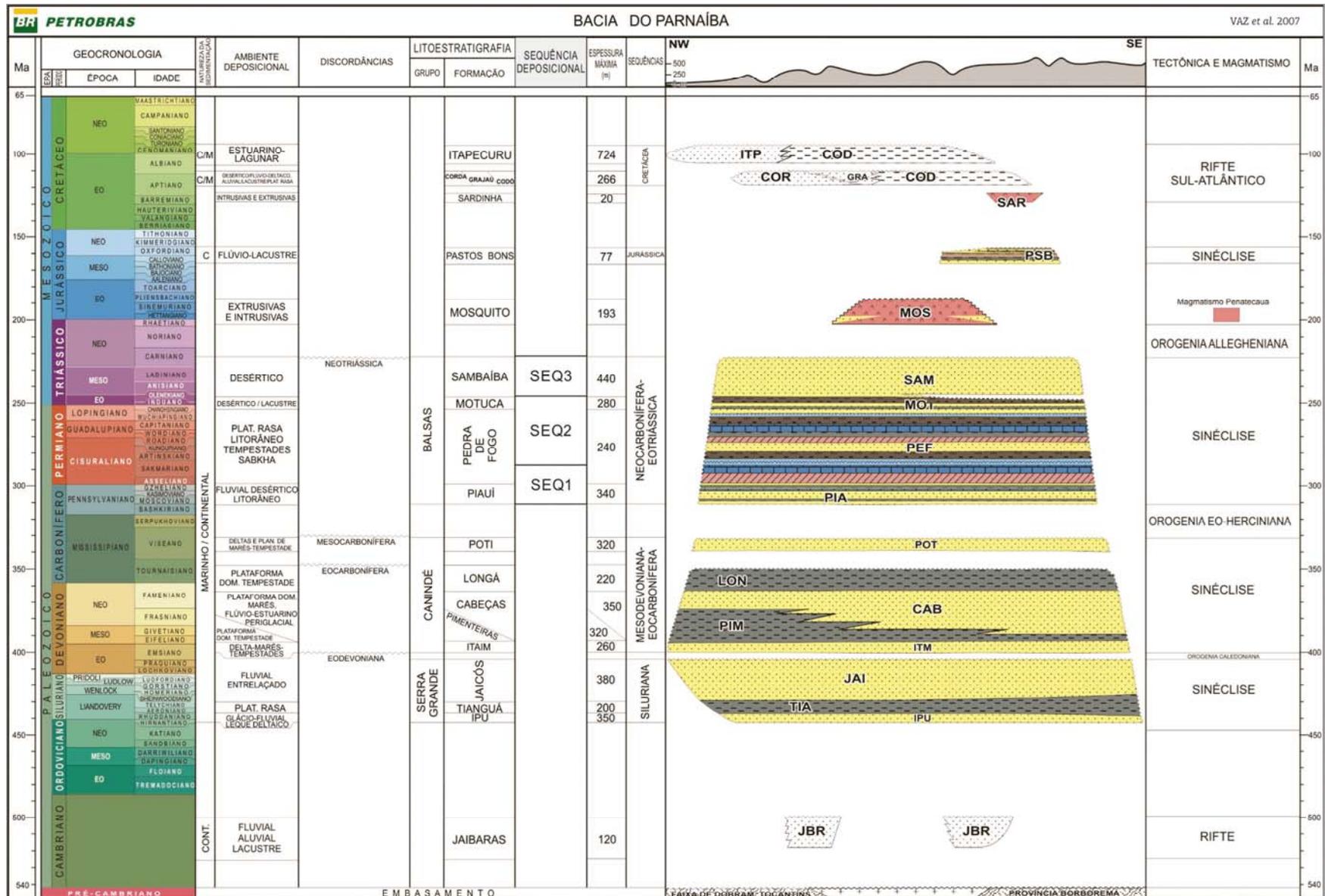


Figura 2: Mapa Geológico da Bacia do Parnaíba. Fonte: Santos & Carvalho (2009), baseado em Lima & Leite, 1978 e Schobbenhaus et al., 1981. Destaque em vermelho para a localização aproximada da UHE Canto do Rio.



Fonte: modificado de Vaz et al. (2007).

Figura 3: Carta estratigráfica da Bacia do Parnaíba.

A área de estudo está localizada na região de afloramento do Grupo Balsas, que representa uma sucessão de rochas depositadas em um ambiente clástico/evaporítico de mar raso, gradando para um ambiente continental dominado por sistemas lacustre e desértico (Vaz et al. 2007). Litoestratigraficamente, o Grupo Balsas é composto por quatro formações: Piauí, Pedra de Fogo, Motuca e Sambaíba.

A Formação Piauí ocorre na grande maioria da área do empreendimento aflorando nas regiões de baixada, ao longo das margens do Rio Parnaíba. As rochas que compõem a Formação Piauí representam o início da deposição sedimentar do Grupo Balsas. Foi descrita por Ribeiro (2000) como sendo constituída principalmente por rochas areníticas e, subordinadamente, por rochas conglomeráticas e siltíticas.

As rochas que constituem a Formação Pedra de Fogo apresentam uma considerável diversidade litológica, que varia desde silexitos, calcários (eventualmente com estromatólitos), arenitos, folhelhos, siltitos, evaporitos (anidrita) até dolomitos (Vaz et al. 2007). Araújo (2015) interpretou o registro siliclástico-evaporítico como sendo um sistema lacustre raso.

A Formação Motuca foi interpretada por Góes & Feijó (1994) como depositada em um ambiente desértico com lagos associados. Eventos regionais causaram isolamento e aumento na taxa de evaporação desses lagos. Tal mudança foi responsável pela progressiva substituição do sistema lacustre por um extenso ambiente desértico (Abrantes Júnior & Nogueira 2013).

Por fim, ocupando o topo do Grupo Balsas, a Formação Sambaíba foi descrita por Vaz et al. (2007) como sendo composta por arenitos com granulometria fina a média e estratificação cruzada de grande porte, depositados a partir de extensas planícies arenosas que encobriram gradualmente os depósitos lacustres anteriores. A Formação Sambaíba marca a intensa desertificação do megacontinente Pangea durante o Triássico (Abrantes Júnior & Nogueira 2013).

A Formação Piauí será mais bem caracterizada, pois é a unidade que aflora nos locais onde as cavidades se inserem. No EIA elaborado para a UHE Canto do Rio essa formação é assim descrita: Litologicamente, a Formação Piauí consiste em uma sequência essencialmente arenosa com níveis de siltitos e folhelhos com intercalações de calcário e, no topo, níveis de sílex localizados. Os sedimentos arenosos da seção inferior são representados por arenitos avermelhados, róseos e amarelados, finos a grosseiros, argilosos, localmente feldspáticos, impregnados de caulim, com grãos subangulares e foscos. Ocasionalmente ocorrem níveis de siltitos argilosos vermelhos com até 2m de espessura. Mais para o topo da seção os arenitos passam a finos, bem selecionados, com grãos foscos e brilhantes.

A seção superior é constituída por arenitos avermelhados, amarelo esbranquiçados, finos a médios. Ocorrem também siltitos e argilitos avermelhados e arroxeados, caulíníficos e físseis, e folhelhos com intercalações de calcário. Localmente, na borda leste da bacia, a sequência Piauí inicia-se por um conglomerado com seixos e blocos de quartzo e fragmentos de arenitos numa matriz areno-argilosa (Canto do Buriti, PI).

Do ponto de vista de estruturas sedimentares, nesta unidade dominam as estratificações plano-paralelas e cruzadas de baixo ângulo, do tipo *herring bone*. Também há, com frequência, estruturas de corte e preenchimento, assim como lascas e seixos de argila. Nos siltitos e folhelhos observam-se marcas onduladas com topo plano, indicando transporte para oeste.

A espessura da unidade é bastante variável. As seções mais espessas ocorrem na porção centro sul da Bacia. Na borda leste, a maior espessura registrada foi de 92m (norte de Beneditinos, PI). Compreendida no intervalo estratigráfico delimitado pelas formações Poti (base) e Pedra de Fogo (topo), a unidade pode ser recoberta discordantemente pelas formações mesozóicas Pastos Bons, Sambaíba, Areado e Urucuia. O contato inferior pode ser discordante ou concordante, enquanto que o contato para a unidade superior é concordante.

Quanto a sua gênese, Lima & Leite (1978) interpretaram um ambiente fluvial com contribuição eólica e breves incursões marinhas, num clima semiárido a desértico. Seu conteúdo fossilífero, de macro e microfósseis, permite posicioná-la no Pensilvaniano (Vestfaliano/Estefaniano).

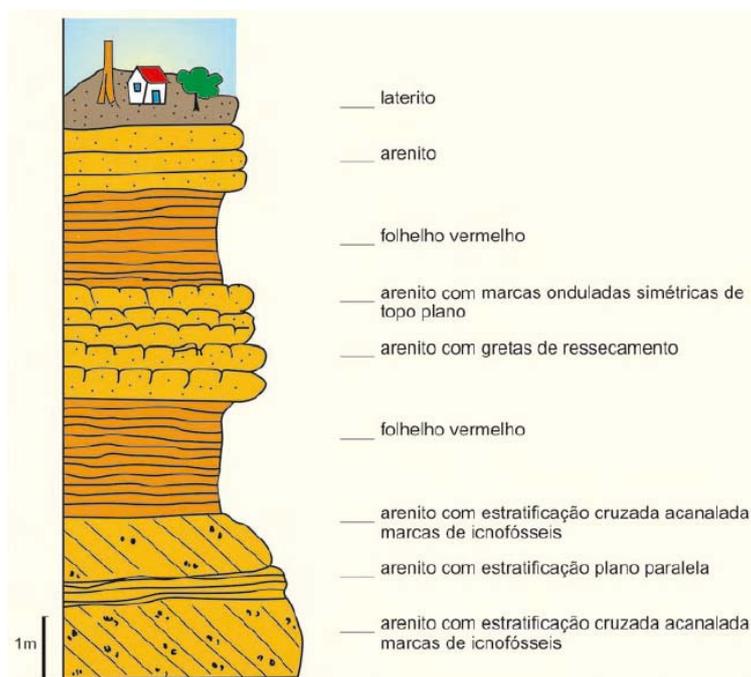


Figura 4: Perfil da Formação Piauí, mostrando a transição de sedimentação subaérea para subaquática. Fonte: CRPM (2009).

Geologia Estrutural

Conforme descrito no EIA elaborado para a UHE Canto do Rio, o arcabouço tectônico da Bacia Sedimentar do rio Parnaíba é caracterizado por uma faixa estruturada com direção NE-SW, denominada de Lineamento Transbrasiliano, e uma segunda faixa disposta transversalmente, denominada de Lineamento Picos-Santa Inês.

O Lineamento Transbrasiliano é representado por um extenso complexo de falhas normais, transcorrentes, por altos estruturais e por grábens (CUNHA, 1986). Na região do Alto Parnaíba foram mapeadas falhas de gravidade orientadas NE-SW. Ocorrem falhas com entorno de 100m de rejeito vertical, com bloco soerguido a noroeste e que corta as camadas das Formações Piauí e Pedra do Fogo.

O rio Parnaíba na área do empreendimento, apesar da presença de algumas sinuosidades em seu curso, possui caráter predominantemente retilíneo e com direção preferencial NE-SW. Já os tributários, na sua maioria, estão estruturados transversalmente ao rio Parnaíba e com direção preferencial NW-SE dos seus cursos, embora possam ser observadas orientações diferentes destas. Os tributários possuem padrões de drenagem subretangular a retangular bem marcados, o que corrobora no diagnóstico de influência tectônica para definição da estruturação dos cursos hídricos (EIA UHE Canto do Rio).

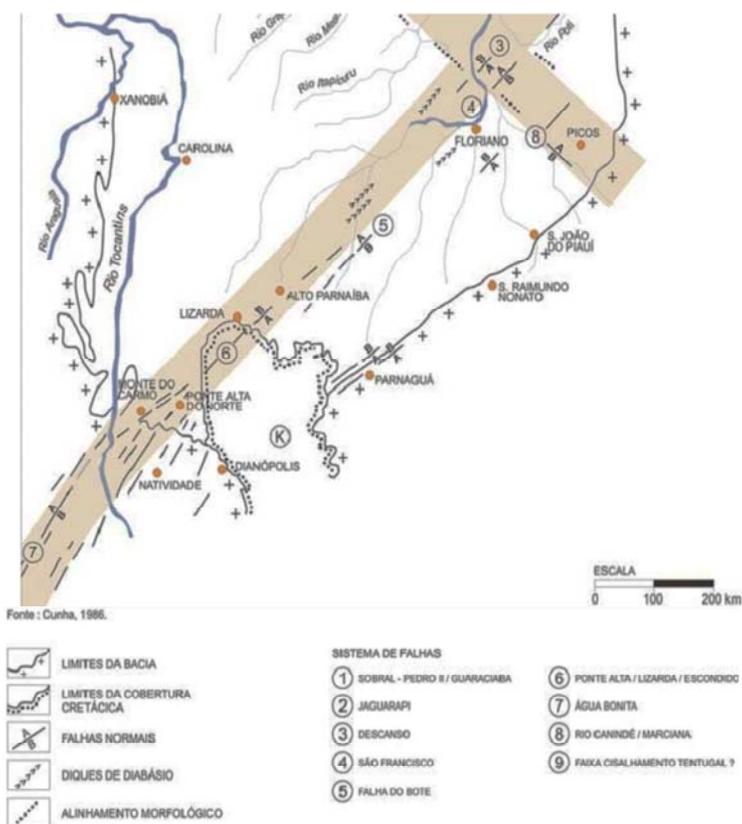


Figura 5: Principais Estruturas Tectônicas da Bacia do Parnaíba. Fonte: Cunha (1986), retirado de EIA UHE Canto do Rio.

4.2 Geomorfologia

A Bacia Sedimentar Parnaíba apresenta uma variedade de formas de relevo associadas à evolução morfoclimática da superfície. A característica diferenciada da geomorfologia é típica de climas e paleoclimas tropicais com presença significativa de índices pluviométricos concentrados em determinados períodos do ano, que causam a erosão da rocha arenítica, construindo o relevo contemporâneo, com mesas, chapadas e morros isolados (Foto 1 e Foto 2).



Foto 1: Morros residuais presentes na área. Fonte: Spelayon, 2017.



Foto 2: Relevo com morfologia de chapada. Fonte: Spelayon, 2017.

A morfoestrutura geomorfológica (IBGE, 2006) presente no Alto Parnaíba tem nas chapadas seu principal elemento, constituídas sobre bacias sedimentares (Figura 6). Elas apresentam-se com topos planos, bastante irregulares, variando de 600 m a 800 m de altitude, com solos álicos, muito profundos, permeáveis, com textura média a argilosa. São os Latossolos Amarelos álicos e distróficos de textura média, associados a Areias Quartzosas, profundos e permeáveis.

O sistema de drenagem principal se encontra em franco processo de entalhamento. As feições de relevo são formadas por incisão vertical da vertente, dando origem a vales encaixados e trabalhados sobre planaltos e chapadas. Nas bordas das chapadas

ocorrem escarpas intensamente dissecadas, modeladas por erosão diferencial em arenitos, siltitos e folhelhos, frequentemente apresentando exposição da rocha (SANTOS; CARVALHO, 2009). Nas planícies fluviais ocorrem os Solos Aluviais eutróficos e Solos Gleizados com textura indiscriminada.



Figura 6: Domínios Morfoestruturais e Morfoclimáticos do Brasil. Fonte: IBGE, 2009, p. 28.

Conforme descrito no EIA da UHE Canto do Rio, a Bacia do Alto Parnaíba pode ser agrupada em unidades geomorfológicas, que de montante para jusante denominam-se respectivamente de: Chapadões das Mangabeiras, Patamares do Chapadão Ocidental Baiano, Cabeceira do Parnaíba, Chapadões do Alto do Parnaíba e Vãos da Bacia do Alto Parnaíba.

Nas porções elevadas do relevo as unidades geomorfológicas predominantes são os Chapadões do Alto Parnaíba e das Mangabeiras. Na região mais ao sul predominam as Unidades Geomorfológicas Cabeceiras do Parnaíba e Patamares do Chapadão Ocidental Baiano, constituindo o interflúvio sul da bacia do rio Parnaíba.

Para jusante estas formas de relevo dão lugar a terrenos mais deprimidos, predominando a Unidade Geomorfológica Vão da Bacia do Alto Parnaíba, com ocorrência do domínio de colinas dissecadas a suaves. Estas formas são entalhadas

por vales encaixados associados à evolução dos leitos do rio Parnaíba e seus afluentes. É nessa unidade que grande parte da área do empreendimento está inserida.

4.3 Hidrografia

As cavidades estudadas estão inseridas na Região Hidrográfica do Rio Parnaíba. A bacia do rio Parnaíba drena uma área total de 368.600 km², segundo dados do Sistema Nacional de Informações Sobre Recursos Hídricos – SNIRH.

Seus principais afluentes são:

- Margem esquerda: Rios Parnaibinha, Medonho, Pedra Furada, Balsas, Riachão, Buriti, Baixão do Capim e Magu.
- Margem direita: Rios Uruçuí-Vermelho, Riozinho, da Volta, Uruçuí-Preto, do Sangue, da Prata, Gurguéia, da Corrente, Itaqueira, Canindé, Mulato, Fundo, Poti, Grande, Longá e Piranji.

A região hidrográfica do Parnaíba configura-se como uma das mais importantes da Região Nordeste do Brasil, sendo ocupada pelos Estados do Ceará (4,1%), Maranhão (19,8%) e principalmente do Piauí (75,3%), que está quase totalmente inserido na bacia hidrográfica, exceto pelo município de Luiz Correia. A região hidrográfica do Parnaíba ocupa uma área de 331.441 Km², sendo 249.497 Km² no Piauí, 65.492 Km² no Maranhão, 13.690 Km² no Ceará e 2.762 Km² de área em litígio entre Piauí e Ceará (MMA, 2006).

No Plano Nacional de Recursos Hídricos - PNRH, a região hidrográfica do Parnaíba foi dividida em três grandes sub-bacias de nível 1: Alto Parnaíba, Médio Parnaíba e Baixo Parnaíba, que, por sua vez, subdividem-se em sete sub-bacias de nível 2, delimitadas segundo a importância dos seus rios principais e características ambientais (MMA, 2006).

Nesse contexto a UHE Canto do Rio localiza-se na sub-bacia de nível 1, “Alto Parnaíba”, mais especificamente na sub-bacia de nível 2, “Parnaíba 1”, que possui área total de 25.578,3 Km².

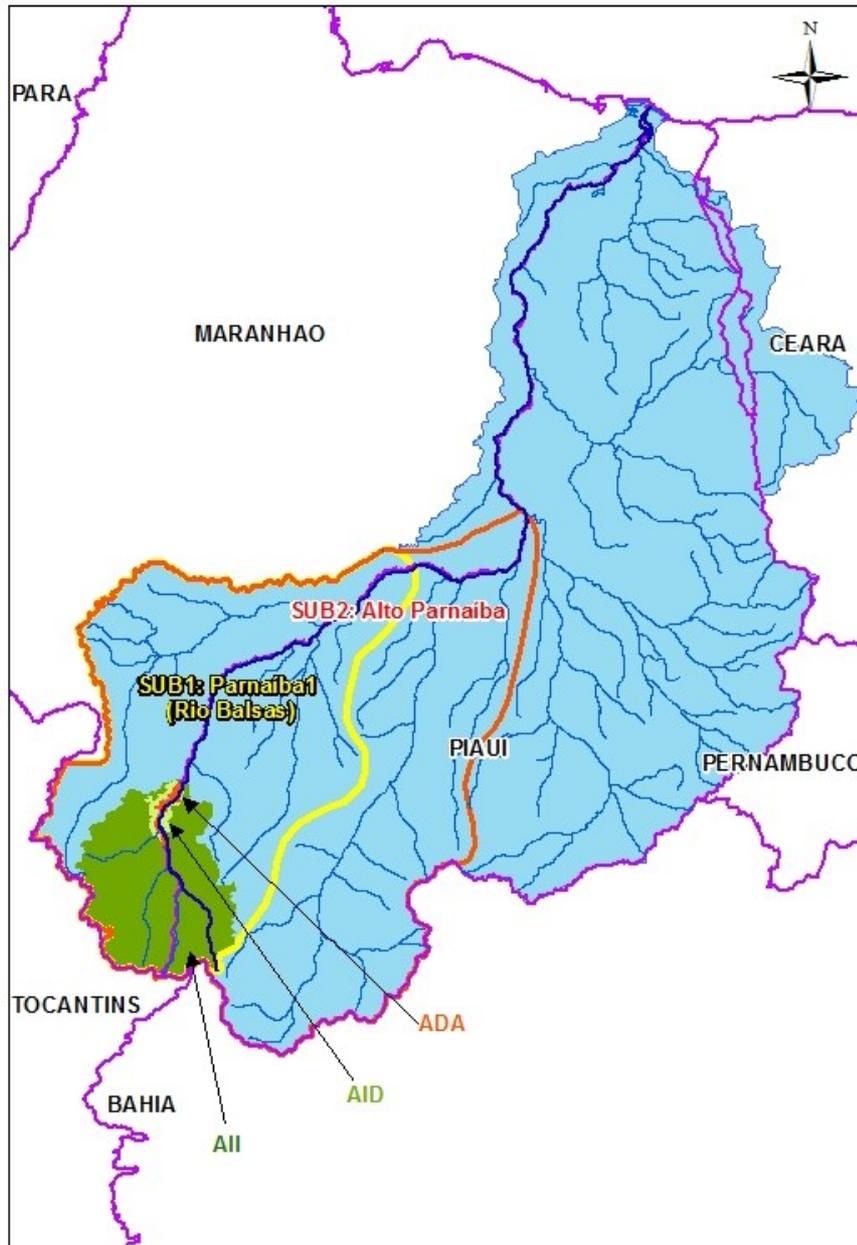


Figura 7: Mapa hidrográfico. Retirado de SOMA (2017).

4.4 Caracterização Climática

A Bacia do rio Parnaíba, localizada entre os estados do Maranhão e do Piauí, sofre influência do clima equatorial, variando de quente e úmido com chuvas de verão e outono, ao norte, passando de quente e úmido com chuvas de verão, no centro sul e sudeste, e semiárido de leste a sudeste.

O mecanismo do clima atuante na região da bacia hidrográfica no rio Parnaíba mostra-se complexo, pois decorre da associação de vários fenômenos atmosféricos aos quais se superpõem fatores de ordem física impostos pela geografia, como a presença de serras e a proximidade do mar. Uma das consequências desta complexidade destaca-se a variabilidade pluviométrica registrada no tempo e no espaço geográfico. Ao sul da bacia, região onde está localizado o empreendimento UHE Canto do Rio, os índices

pluviométricos variam de 700 a 1.300 mm, enquanto na região central os valores se situam entre 500 e 1.450 mm durante o ano. Na região norte, os registros anuais variam de 800 a 1.600 mm precipitados. Também ocorre variabilidade nos meses de seca na região da bacia hidrográfica no rio Parnaíba, sendo que ao sul da área da bacia, contemplando a UHE Canto do Rio, predomina o clima quente semi-úmido onde ocorrem anualmente 4 a 5 meses secos.

Atualmente a classificação do clima mais amplamente usada é a de Köppen, que leva em conta fatores como relevo, regime de chuvas, temperatura entre outros e representa com letras características de temperatura e regime de chuvas nas diversas estações do ano. Segundo a classificação climática de Köppen, a bacia do rio Parnaíba é dominada por três tipos de clima, ilustrado na Figura 8.

Na região do empreendimento ocorre o clima tipo Aw: quente e úmido com chuvas de verão que ocorrem no centro-sul e sudoeste do estado do Piauí, determinado pela massa Equatorial Continental (EC), de ar quente e nevoento, responsável pela ocorrência de precipitações em forma de aguaceiros. A estação chuvosa ocorre de novembro a março, sendo dezembro, janeiro e fevereiro o trimestre mais chuvoso e junho, julho e agosto o mais seco. As precipitações pluviométricas variam de 1.000 a 1.400 mm anuais. (Fonte: Soma, 2017).

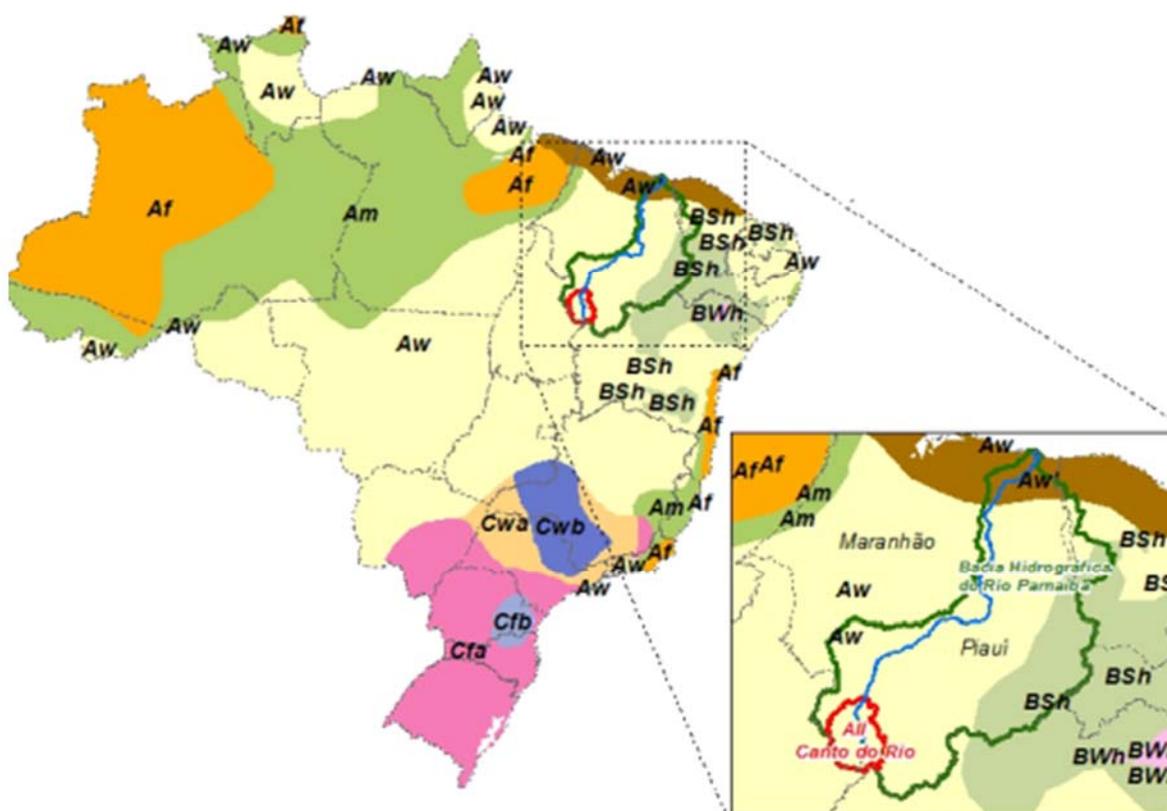


Figura 8: Classificação climática de Köppen para o Brasil. Retirado de SOMA (2017).

No gráfico da Figura 9 podem ser visualizados os dados de precipitação para o município de Tasso Fragoso, onde grande parte da UHE Canto do Rio está inserida. Consta-se que o regime de chuvas segue o padrão climático Aw, sendo os meses de dezembro, janeiro e março os mais chuvosos e de junho a agosto os mais secos. Em geral, no mês mais chuvoso ocorreu em torno de 230 mm de chuva, enquanto no mês mais seco não se ultrapassou 2 mm.

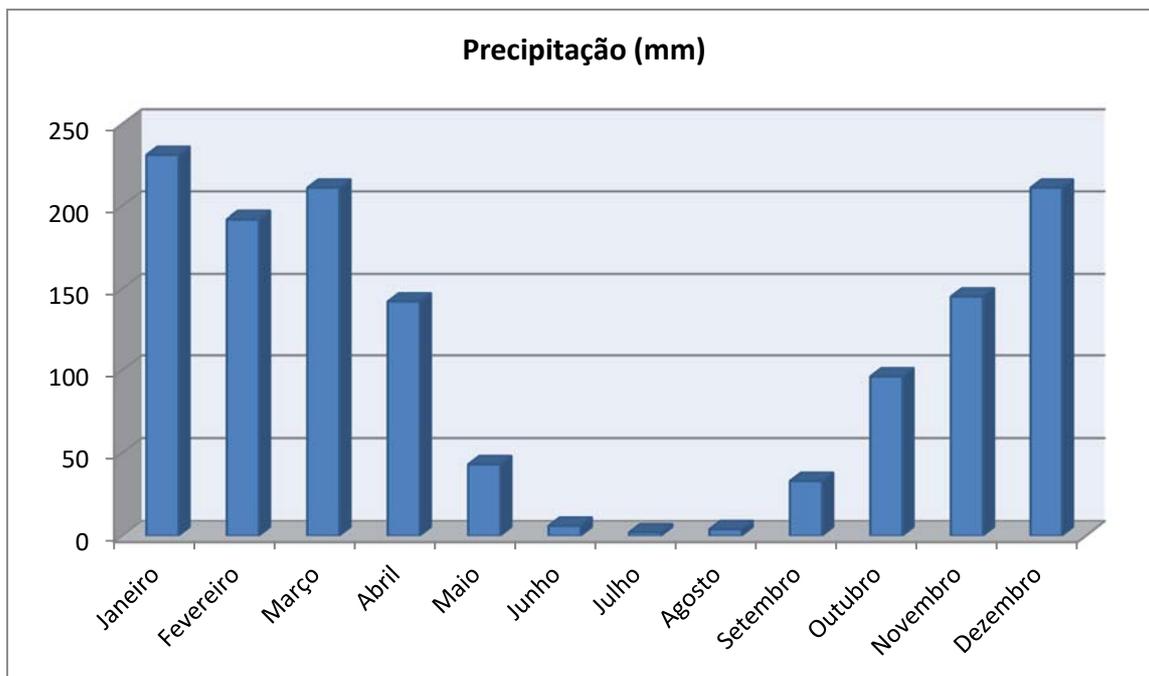


Figura 9: Precipitação em Tasso Fragoso - MA.
Fonte: Clima Tempo, 2017.

A visita na área para coleta de dados deste estudo foi realizada na última semana do mês de março de 2017, caracterizando o período chuvoso. A Figura 10 demonstra a precipitação no mês de março de 2017 de acordo com os dados coletados pela na Estação Meteorológica Alta Parnaíba. Já a campanha que contempla o período seco, foi realizada na primeira semana do mês de agosto de 2017 e, como pode ser observada na Figura 11, entre os dias 14 de julho e 12 de agosto de 2017 não houve precipitação na região do projeto UHE Canto do Rio.



Figura 10: Precipitação (mm) no período de 01 a 31 de março de 2017, na Estação Meteorológica Alto Parnaíba. Fonte: INMET, 2017.

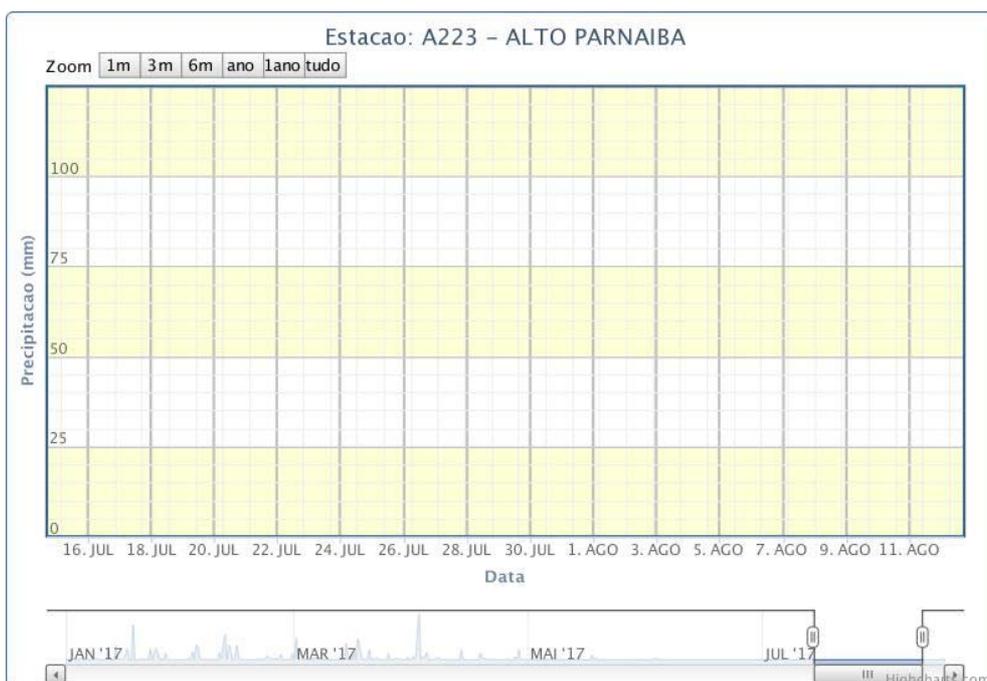


Figura 11: Precipitação (mm) no período de 14 de julho a 12 de agosto de 2017, na Estação Meteorológica Alto Parnaíba. Fonte: INMET, 2017.

A Figura 12 demonstra que a precipitação acumulada no mês de março de 2017 ficou em torno de 150 mm e 200 mm na região do projeto. Esses valores estão abaixo do índice de evapotranspiração mensal de referência, que está entre 50 e 125 mm (ANDRADE JÚNIOR, et al. 2004), apresentando significativo excedente hídrico nesse mês. Em maio, cujas chuvas não ultrapassam os 40 mm, a evapotranspiração apresenta valores entre 125 mm e 200 mm, indicando expressiva deficiência hídrica. Em junho é

estabelecida definitivamente a estação seca com déficit de mais de 100 mm, já que as chuvas não superam os 15 mm.



Figura 12: Precipitação (mm) acumulada mensal na Estação Meteorológica Alto Parnaíba. Fonte: INMET, 2017.

Com relação à temperatura, a média anual apresenta 26,3°C na estação Alto Parnaíba, mais próxima da região em estudo (INMET 2017). A média mínima chega a 22,2°C e a máxima 31,7 °C. Historicamente, as máximas absolutas ocorreram entre os meses de agosto a novembro, chegando a atingir 36°C e as mínimas absolutas ocorreram entre os meses de maio a julho, sendo registrados 21°C em Tasso Fragoso (

Figura 13 - Clima Tempo, 2017).

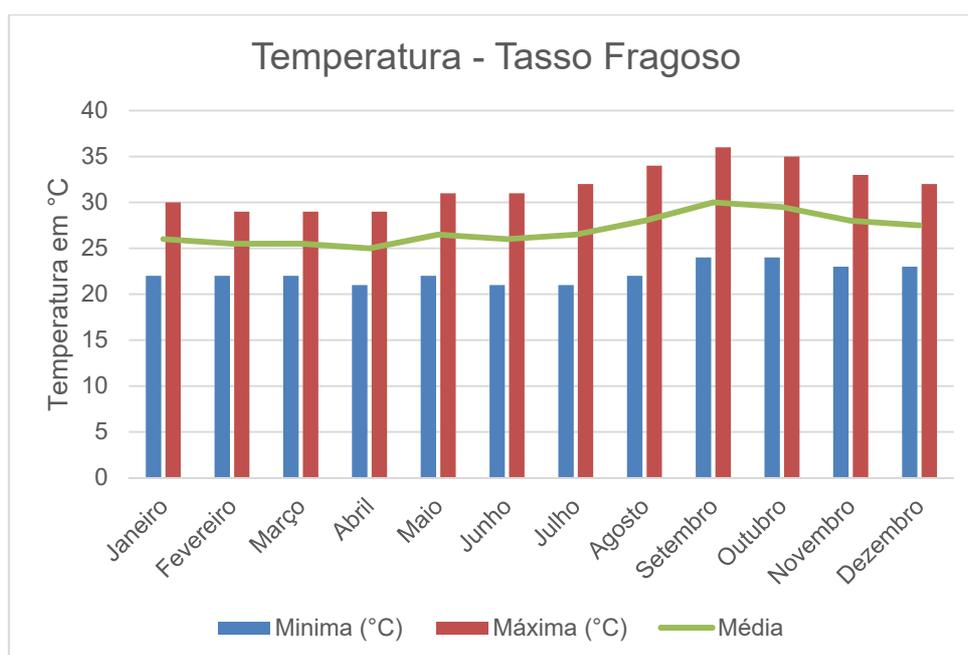


Figura 13: Temperaturas Mínima e Máxima em Tasso Fragoso - MA. Fonte: Clima Tempo, 2017.

4.5 Vegetação

De acordo com o Mapa de Vegetação do Brasil - 1: 5.000.000 (IBGE, 1993), os municípios de Tasso Fragoso (MA), Alto Parnaíba (MA) e Santa Filomena (PI) encontram-se dentro do Bioma Cerrado, que engloba várias tipologias vegetais, mas predominantemente a Savana Arborizada (Cerrado sentido restrito) existindo também algumas áreas de Tensão Ecológica entre a Savana e a Floresta Estacional. O Bioma Cerrado abrange uma área contínua que engloba os estados de Goiás, Tocantins e Distrito Federal, e parte dos estados da Bahia, Ceará, Maranhão, Mato Grosso, Mato Grosso do Sul, Minas Gerais, Piauí, Rondônia e São Paulo, e também ocorre em áreas disjuntas ao norte nos estados do Amapá, Amazonas, Pará e Roraima, e ao sul, em pequenos remanescentes no Paraná (RIBEIRO e WALTER, 1998).

A vegetação do Bioma Cerrado apresenta fisionomias que englobam formações florestais, savânicas e campestres. Considerando a classificação de tipos fitofisionômicos do Cerrado, apresentada por Ribeiro e Walter (1998) e pelo IBGE (2012), as fisionomias vegetais existentes na área do empreendimento são a Savana Arborizada e as Florestas de Galeria.

A Savana arborizada é um subgrupo de formação natural que se caracteriza por apresentar uma fisionomia nanofanerofítica rala e outra hemicriptofítica graminóide, contínua, sujeita ao fogo anual (IBGE, 2012).



Foto 3: Savana rebrotando após queimada.
Fonte: Spelayon, 2017.



Foto 4: Savana arborizada, com presença de solo bastante arenoso e poucas árvores de grande porte. Fonte: Spelayon, 2017.

Na classificação de Ribeiro e Walter (1998), este tipo de savana é denominado de Cerrado sentido restrito, apresentando árvores baixas, inclinadas, tortuosas, com ramificações irregulares e retorcidas, geralmente com evidências de queimadas. Os arbustos e subarbustos encontram-se espalhados, com algumas espécies apresentando órgãos subterrâneos perenes (xilopódios), que permitem a rebrota após a queima ou corte. Os troncos das plantas lenhosas, em geral, possuem cascas com

cortiça grossa, fendida ou sulcada, e as gemas apicais de muitas espécies são protegidas por densa pilosidade.

As florestas de galeria inundável têm como características marcantes os buritis que se destacam na copa. Esta formação forma um contínuo de vegetação densa ao longo dos córregos que abastecem o rio Parnaíba (Fonte: Soma, 2017).

5 REGIÕES CÁRSTICAS BRASILEIRAS

A primeira proposta de classificação do carste brasileiro surgiu em 1979, elaborada por Karmann; Sánchez (1979) que identificaram cinco províncias espeleológicas no Brasil. As províncias eram: Vale do Ribeira, Bambuí, Serra da Bodoquena, Alto Rio Paraguai e Chapada de Ibiapaba, além de outras nove áreas com fenômenos cársticos mais restritos. Vale dizer que esta classificação considerava apenas as rochas carbonáticas. Em 1986, as províncias Rio Pardo, Serra Geral e Alto Urubu, as duas últimas de formação arenítica, foram incluídas nessa classificação (KARMANN; SÁNCHEZ, 1986).

Posteriormente, Auler, Rubbioli e Brandi (2001) caracterizaram geologicamente a distribuição de 14 áreas carbonáticas no Brasil, com base no mapa geológico elaborado por Schobbenhaus et al. (1981) citado por Hardt (2004), adotando a terminologia região cárstica para designar áreas com cavernas (CAVALCANTI et al., 2012). A diferença entre as classificações de Auler, Rubbioli e Brandi (2001) e Karmann; Sánchez (1979; 1986) se deve principalmente às escalas de mapeamento e ao grau de conhecimento à época de elaboração dos trabalhos (CECAV, 2012). Em 2009, analistas ambientais do CECAV refinaram e ampliaram a classificação de Auler, Rubbioli e Brandi (2001), e identificaram cinco novas regiões cársticas não carbonáticas.

Dessa forma, o atual “Mapa das Regiões Cársticas do Brasil”, elaborado pelo CECAV, contém 19 regiões cársticas: Formação Caatinga, Formação Carajás, Formação Salinas, Formação Vazante, Grupo Açungui, Grupo Apodi, Grupo Araras, Grupo Bambuí, Grupo Brusque, Grupo Corumbá, Grupo Paranoá, Grupo Rio Pardo, Grupo Ubajara, Grupo Una, Grupo Vargem Grande, Grupo Xambioá, Região Cárstica de São João Del Rei, Região Cárstica Quadrilátero Ferrífero e Supergrupo Canudos.

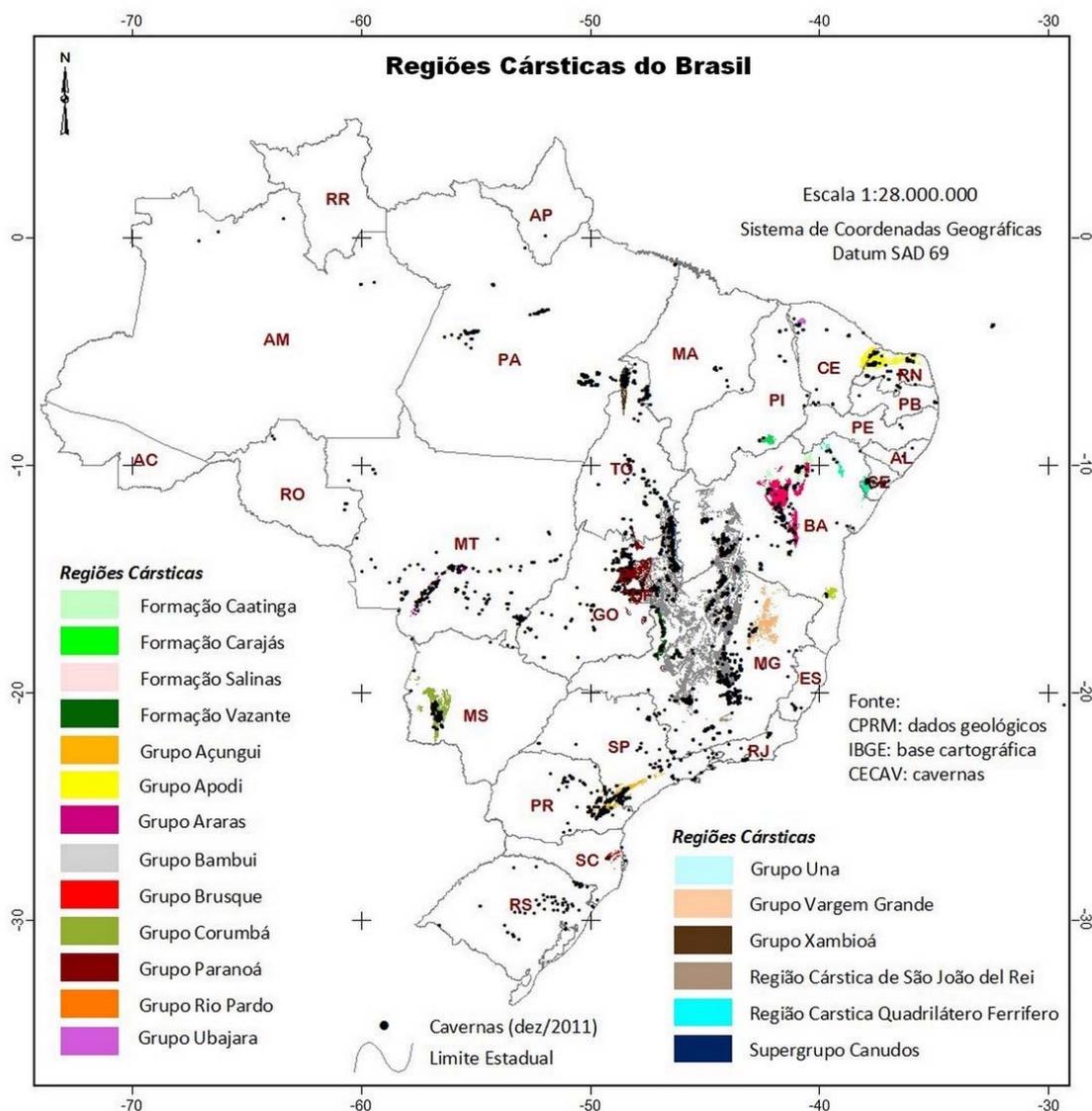


Figura 14: Províncias Espeleológicas do Brasil (Fonte: Base de Dados CECAV, 2011).

A área de estudo não está inserida em nenhuma das regiões cársticas já propostas. O litotipo aflorante, composto por rochas areníticas, não permite a formação da morfologia cárstica tradicional, que dá origem às feições endocársticas e exocársticas com maiores proporções. As feições espeleológicas identificadas pelo trabalho de prospecção são de pequenas dimensões e foram formadas principalmente devido aos processos erosivos provocados pela circulação da água, além dos ventos e da fragmentação da rocha devido a aspectos estruturais. A composição das rochas não favorece o predomínio dos processos dissolutivos, que dão origem aos cavernamentos com importantes dimensões.

Por essa característica peculiar, as cavernas areníticas de maiores dimensões só ocorrem quando essa associação permite que o processo formador seja suficiente para tal e ainda, que os processos erosivos pluviais ocorridos no tempo geológico, tenham se eximido logo que a cavidade tenha se formado, já que são os processos de

percolação e infiltração os principais fatores espeleogênicos, além de serem também os causadores da denudação do relevo, portanto, escultores das áreas espeleogênicas.

Caverna em Arenito

A gênese de cavernas desenvolvidas em rochas siliciclásticas pode ser explicada em duas etapas. De acordo com Corrêa Neto et al. (1993), inicialmente uma lenta dissolução da sílica no contato entre os grãos de quartzo formariam espaços vazios. Este processo teria atuado na interseção de fraturas com os planos de foliação e/ou acamamento durante um prolongado período de estabilidade do nível de base e baixo gradiente freático. O segundo estágio é atribuído a um rebaixamento relativo do nível freático, onde o gradiente e a velocidade do fluxo são aumentados. Nesta fase condutos cilíndricos (*pipes*) são formados pela remoção mecânica de grãos de quartzo.

Monteiro e Ribeiro (2001) descrevem a espeleogênese de cavernas areníticas na região de São Paulo, que pode ser semelhante às cavernas analisadas, não só pela litologia e estrutura, mas também pelo posicionamento geomorfológico. De acordo com os autores citados, as grutas de arenito têm seu início na ação erosiva do escoamento das águas superficiais meteóricas (*runoff*) ao longo das paredes, provocando remoção de grãos das paredes do arenito que originam buracos ou tafonis, evoluindo então para depressões, tocas e até abrigos. Para haver a evolução desses abrigos para formar grutas há que se observar alguns fatores considerados essenciais por GALAN & LAGARDE (1988 apud CORRÊA NETO et al., 1997) e atendidos pelas características regionais: 1. um grande desnível entre o lençol freático e o nível de base local, proporcionado pela cuesta; 2. presença de fraturas profundas, dado pelo intenso sistema de fraturamento; e 3. clima chuvoso, fator este atendido pela distribuição anual de chuva. Além do escoamento superficial e os fatores já expostos a rocha contém ainda planos de fraqueza (junta ou falha) e descontinuidades sedimentares que geram uma anisotropia no qual, pela infiltração de água, tem-se contínua remoção física e química do quartzo já observados por outros autores (MARTINI, 1987 apud CORRÊA NETO et al., 1997; CORRÊA NETO & CORRÊA, 1994; CRUIKSHANK & AYDIN, 1995; WRAY, 1997), formando pequenos condutos ou cavernícolas por erosão interna (*pipping*) (RIBEIRO et al., 1999). O início do *pipping* se dá por um processo de dissolução inicial ao longo do limite entre grãos, denominado de arenização (*arenisation*) (SZCERBAN & URBANI, 1974 e MARTINI, 1979, apud VERÍSSIMO & SPOLADORE, 1994), processo esse favorecido pelas descontinuidades. O grau de arredondamento e esfericidade dos grãos de quartzo do arenito aumenta a superfície de contato do quartzo com a água, acelerando esse processo de dissolução e remoção de grãos. Com a evolução dos condutos (*pipes*) dá-se intenso processo de coalescência desses canalículos e os dutos próximos unem-se por alargamento de seu diâmetro, tornando-se um canal preferencial

para escoamento da água subterrânea, dado que forma uma zona de mais baixa pressão que passa a desenvolver corredores quando acessíveis. O desenvolvimento da cavidade dá-se também por um alargamento ao longo de descontinuidades da rocha (RICCOMINI et al., 1996). Estas descontinuidades são constituídas principalmente por falhas, juntas e planos de *set* das estratificações plano-paralelas e cruzadas de grande e médio porte e outras estruturas sedimentares, além de heterogeneidades de silicificação da rocha. O encontro de duas descontinuidades pode deixar o arenito mais poroso, facilitando a sua solubilização e corrosão e a remoção de seus grãos. Com isso pode-se afirmar que as cavernas são controladas, principalmente, pela estruturação tectônica local e regional e subordinadamente pelas estruturas sedimentares.

O abatimento de blocos, comum em cavernas em arenito, originados da queda de material do teto dos salões e galerias é ocasionado pelo intenso fraturamento da rocha, formando depósitos de gravidade. O processo de remoção mecânica de grãos (*pipping*) forma depósitos caracterizados como de aluvião no chão das cavernas, resultado direto da desagregação de grãos das paredes e condutos.

6 DEFINIÇÃO DAS ESCALAS LOCAL E REGIONAL DE ANÁLISE

O Decreto 6.640/2008 estabelece que as cavidades naturais subterrâneas sejam classificadas de acordo com seu grau de relevância a partir do nível de importância dos atributos biológicos, físicos e socioeconômicos das cavidades, avaliadas sob o enfoque regional e local. O enfoque regional é denominado Unidade Espeleológica e o enfoque local é denominado Unidade Geomorfológica. De acordo com o Art. 14, parágrafo 1º, da IN MMA 02/2009:

“As análises referentes ao enfoque local são delimitadas pela unidade geomorfológica que apresente continuidade espacial, podendo abranger feições como serras, morrotes ou sistema cárstico, o que for mais restritivo em termos de área, desde que contemplada a área de influência da cavidade.”

De acordo com o Art. 14, parágrafo 3º, da IN MMA 02/2009:

“Entende-se por unidade espeleológica a área com homogeneidade fisiográfica, geralmente associada à ocorrência de rochas solúveis, que pode congrega diversas formas do relevo cárstico e pseudocárstico tais como dolinas, sumidouros, ressurgências, vale cegos, lapíás e cavernas, delimitada por um conjunto de fatores ambientais específicos para a sua formação.”

As regiões cársticas definidas pelo CECAV seriam consideradas como enfoque regional, entretanto, como a área de estudo não está inserida em nenhuma dessas regiões cársticas, foi considerada a região de ocorrência da unidade geológica. As cavidades do projeto se desenvolvem em litologia arenítica que pode ser associada a rochas do Grupo Balsas. Dessa forma, como a definição da escala regional está relacionada ao tipo de rocha de ocorrência das cavidades, foi considerada para este estudo a área de afloramento do Grupo Balsas como a Unidade Espeleológica.

Para a escala local foi utilizada as unidades de relevo compartimentadas para a região da bacia do Alto Parnaíba. Dessa forma, a escala local será considerada a região compreendida pela Unidade Geomorfológica Vãos da Bacia do Alto Parnaíba.

O banco de dados do CECAV foi consultado através do CANIE em abril de 2017, que resultou em cavidades na região dos municípios Tasso Fragoso e Carolina. Porém, as cavidades identificadas no CANIE não possuem estudo de análise de relevância e informações a respeito de suas dimensões. Sendo assim, de posse dos nomes e municípios de localização dessas cavidades, buscou-se no CNC – Cadastro Nacional de Cavernas, por informações sobre as dimensões. A busca resultou em informações acerca de **39** cavidades que apresentam valor para o parâmetro projeção horizontal e desnível. Os parâmetros volume e área não são informados.

Foram feitas buscas por outras cavidades em artigos científicos e também nos estudos da própria UHE Canto do Rio. O Diagnóstico Espeleológico da UHE Canto do Rio apresenta outras cavidades (36), além das 11 identificadas neste relatório, de forma que um total de 31 possuem dados espeleométricos. Essas **31** cavidades se localizam em área além do entorno de 250 metros do reservatório, e foram utilizadas na comparação local.

O levantamento arqueológico que consta no EIA da UHE Canto do Rio, apresenta informações de **20** cavidades que também se encontram em área além do entorno de 250 metros do reservatório e foram utilizadas na comparação local.

Outras **29** cavidades localizadas na região de Tasso Fragoso são provenientes de estudos realizados por ocasião de projeto de pesquisa Universal CNPq 006589-2014, coordenado pelo Professor Dr. Claudio Eduardo de Castro, no âmbito do programa de pós-graduação em Geografia Natureza e Dinâmica do Espaço da Universidade Estadual do Maranhão, todas inscritas CANIE a partir do mês de março 2017. Essas cavidades fazem parte da amostra local.

O Relatório de Caracterização do Patrimônio Espeleológico da UHE Ribeiro Gonçalves também contribuiu para a amostra local com **01** cavidade nominada Gruta Bacabal.

Para comparação em escala regional foram utilizadas mais **68** cavidades, sendo 21 identificadas pelo Grupo de Espeleológico de Marabá (GEM) no âmbito do “Levantamento Espeleológico das Cavidades na Área da AHE Estreito (Área de Alagamento do Futuro Reservatório)” e 47 cavidades oriundas do “Levantamento Espeleológico do Parque Nacional da Chapada das Mesas” associado ao processo de Compensação espeleológica da UHE Estreito (condicionante específica nº 2.27 da Licença de Operação da UHE Estreito). Ambos os relatórios foram disponibilizados pelo IBAMA/TO via requerimento de informações.

Ressalta-se que foi feita a verificação dos dados de modo a não ocorrer duplicidade, uma vez que algumas das cavidades constantes nos artigos e estudo espeleológicos já constavam no CNC. Dessa forma, a amostra regional para a Unidade Espeleológica Grupo Balsas é formada por 192 cavidades. A amostra local para a Unidade Geomorfológica Vãos da Bacia do Alto Parnaíba é formada por 124 cavidades (Figura 15). A lista com todas as cavidades da amostra local e regional pode ser verificada no Anexo 1. No mapa da Figura 15 podem ser visualizadas as cavidades definidas como escala regional e como escala local, as unidades espeleológicas já definidas pelo CECAV e os limites da unidade espeleológica utilizada neste estudo, além das cavidades existentes no banco de dados do CANIE. Na tabela que segue é apresentado um resumo com o quantitativo de cavidades utilizadas nas amostras local e regional.

Tabela 1: Cavidades amostra local e regional.

Escala	Fonte	Nº Cavidades	Total	Amostra Regional
Local	Diagnóstico Geoespeleológico, Caracterização Bioespeleológica - UHE Canto do Rio	4	124	192
	Cadastro Nacional de Cavernas	39		
	Diagnóstico UHE Canto do Rio	31		
	Levantamento Arqueológico UHE Canto do Rio	20		
	Pesquisa CNPq Professor Dr. Claudio Eduardo de Castro	29		
	Caracterização do Patrimônio Espeleológico da UHE Ribeiro Gonçalves	01		
Regional	Levantamento Espeleológico das Cavidades na Área da AHE Estreito	21	68	
	Levantamento Espeleológico do Parque Nacional da Chapada das Mesas	47		

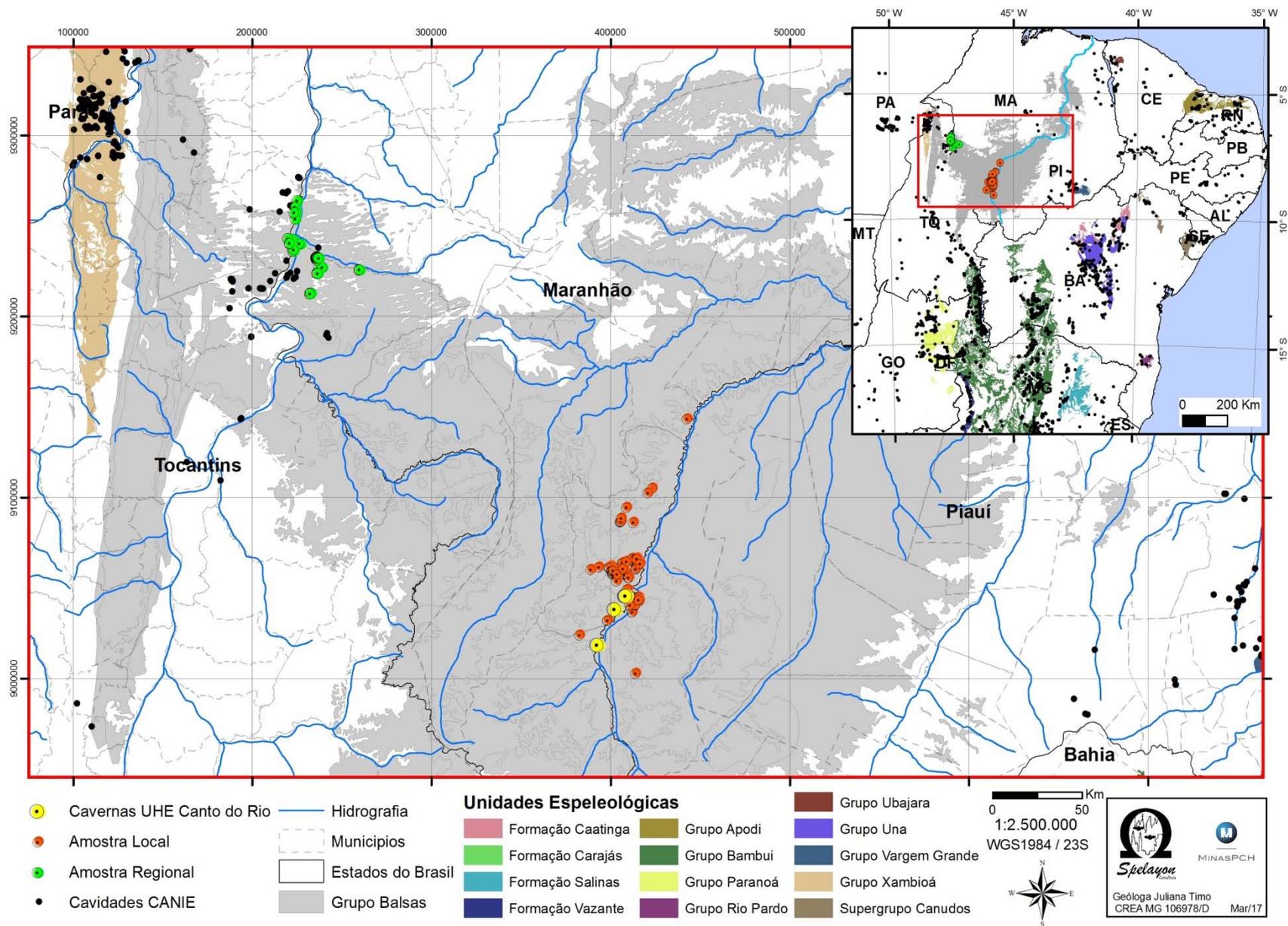


Figura 15: Área de estudo em relação à Unidade Espeleológica.

7 TOPOGRAFIA DAS CAVIDADES

Para analisar as dimensões das cavidades é necessário que o levantamento topográfico seja realizado. Através do mapeamento das cavidades são obtidos os dados espeleométricos de Projeção Horizontal, Desnível, Área e Volume. Com base na comparação dos dados espeleométricos é que se torna possível a classificação das cavidades em termos de dimensões notáveis, assim como em alta, média ou baixa para cada um dos parâmetros (PH, Desnível, Área e Volume).

Através do levantamento topográfico é possível analisar a morfologia de cada cavidade, seus padrões de desenvolvimento, controles estruturais, espeleogênese, faciologia de espeleotema e seu possível aproveitamento turístico. Além disso, os croquis são a base para os cálculos espeleométricos da cavidade.

7.1 Metodologia

O mapeamento espeleológico é realizado em duas fases distintas: uma em campo, onde é feito o levantamento topográfico e os croquis; e outra no escritório, onde os dados são tratados e os mapas digitalizados.

Dentre alguns métodos para medir o grau da precisão topográfica no universo espeleológico, foram utilizados dois como referência para esse projeto: o da **BCRA - British Cave Research Association** e o da **UIS - Union Internationale de Spéléologie**. Ambas as normas utilizam-se de dois critérios de diferenciação, um representado por números, para a precisão instrumental, e outro alfabético, para a precisão de detalhamento. Esses dois critérios unidos formam um código identificador do nível topográfico alcançado nos trabalhos.

Etapa de Campo

O levantamento topográfico tem como objetivo principal a coleta de dados para posterior construção do mapa, e servirá de estrutura para os croquis. Para as cavidades desse projeto, foi realizada topografia espeleológica com grau de precisão **BCRA-5D**. Esse mapeamento é precedido por uma exploração detalhada, com representação gráfica precisa, contendo projeção horizontal, corte, perfil, escala gráfica e numérica, orientação magnética e localização geográfica.

Segundo o método de mapeamento do sistema British Cave Research Association–BCRA, para se atingir o grau de precisão 5D as medidas de ângulo na linha central de topografia devem ter precisão de $\pm 1^\circ$. As medidas de distância devem ter precisão de 1 cm e o posicionamento das bases deve ter erro menor do que 10 cm.

A **topografia** das cavidades foi efetuada a partir da entrada principal. Foram representados os contornos dos condutos e as principais características das cavidades

(espeleotemas, entradas, clarabóias, etc.). Também foi realizado o preenchimento da planilha de dados relativos ao azimute e inclinação entre as bases topográficas, além das características de cada base, como as medidas de vante, ré e altura do teto.

O início do mapeamento de uma cavidade é a exploração da mesma, para que se tenha uma boa visão do arcabouço espeleomorfológico, possibilitando escolher o método mais adequado para que o nível de detalhamento desejado seja alcançado. A topografia é iniciada a partir do último “pingo d’água” antes da entrada da cavidade, e este é definido por sua linha d’água.

Existem vários métodos de mapeamento e dificilmente apenas um deles é utilizado, visto que uma mesma cavidade geralmente apresenta diferentes comportamentos morfológicos ao longo de seu desenvolvimento. A combinação de dois ou mais métodos é o ideal. Para a realização deste trabalho utilizou-se os métodos abaixo relacionados:

- Poligonais Abertas - as estações topográficas estão dispostas segundo o eixo principal de desenvolvimento da caverna e as distâncias entre as estações devem ser controladas de acordo com o detalhamento desejado;
- Poligonais Fechadas - as estações topográficas estão dispostas de forma que, quando interligadas, formarão uma poligonal fechada. Este método é utilizado para calcular o erro da topografia e avaliar qual será o grau de precisão;
- Irradiação - utilizado quando, a partir de uma estação topográfica central, irradiam-se visadas para as laterais de um conduto ou salão, sendo que não ocorre a continuação da topografia nestes pontos.

Para dar início à montagem do esqueleto da planta baixa foi realizada a correção das distâncias, pois como a planta baixa é uma projeção plana necessita que as distâncias medidas em terrenos inclinados sejam corrigidas para uma representação em plano. Para tanto uma calculadora científica foi utilizada realizando os cálculos necessários para essa correção em campo, possibilitado a elaboração dos croquis com as distâncias reais.

Etapa de Escritório

Durante a etapa de escritório foram digitalizados os croquis e efetuados os cálculos espeleométricos. Para a digitalização dos croquis, utilizou-se o *software AutoCAD 2013*. Através da inserção da imagem escaneada e definição da escala (1:100) inicia-se o processo de desenho. Para conferência e garantia da precisão dos croquis utilizou-se o programa *Speleoliti*.

O **cálculo espeleométrico** é realizado pelo *software AutoCAD*. A cavidade inicia-se a partir do ponto zero, que é o local onde é possível formar um polígono fechado com paredes, teto e piso. Todos os parâmetros espeleométricos são medidos a partir desse

ponto. Nele também são retiradas novas coordenadas que serão consideradas as coordenadas oficiais da caverna e constarão no croqui.

A **área** é calculada através da junção dos contornos das paredes internas e linhas d'água. No caso de pilares reduz-se da área total da cavidade a área do pilar. Quando a cavidade possuir mais de um nível, a área total deverá ser calculada a partir da soma dos polígonos gerados em cada nível.

O **cálculo da projeção horizontal** é a medição da extensão da cavidade através da planta, levando em consideração o eixo principal de desenvolvimento da cavidade, onde são traçados segmentos de reta que somados resultam no valor do PH. Não contempla os desníveis da caverna.

O **desnível** é calculado através das informações levantadas em campo (diferença altimétrica entre as bases), sendo o desnível total obtido através de cálculos realizados pelo programa *Speleoliti*.

O **volume** da cavidade é fruto da média das alturas dos condutos multiplicado pela área da mesma. Para que este cálculo seja o mais real possível é importante que as estações estejam bem distribuídas pela cavidade, levando-se em consideração as diferenças entre as alturas de teto.

A **conferência das medidas e “linha de trena”** da topografia foi verificada através do *software Speleoliti*. Essa conferência consiste na digitalização da planilha topográfica preenchida em campo e posterior exportação da mesma para o *software AutoCad*. Nessa segunda etapa, a linha de trena gerada pelo *Speleoliti* é sobreposta ao croqui escaneado, possibilitando a visualização de possíveis erros, os quais foram adequadamente corrigidos durante a digitalização dos croquis.

O produto final foram mapas topográficos de detalhe, além dos dados espeleométricos de projeção horizontal, desnível, volume e área das cavidades estudadas.

7.2 Cavidades topografadas

Durante a etapa de mapeamento realizada em março/abril de 2017 foram topografados 11 pontos identificados na área diretamente afetada – ADA e no entorno de 250 m do reservatório da UHE Canto do Rio, localizada nos municípios de Santa Filomena – PI, Alto Parnaíba - MA e Tasso Fragoso – MA.

A topografia espeleológica de detalhe, que atingiu grau de precisão 5D, foi realizada em todas elas. A localização das feições e sua inserção na área de estudo são demonstradas na Figura 16 e a relação de pontos topografados listadas na Tabela 2. Podem ser observadas também as respectivas coordenadas e os dados

espeleométricos. O croqui topográfico de cada cavidade pode ser verificado no Anexo 2.

Tabela 2: Principais características espeleométricas das cavidades topografadas.

Nº	Cavidade	UTM E	UTM S	Z	Erro GPS	PH (m)	Área (m ²)	Desnível (m)	Volume (m ³)
1	Caverna Amadeus	393435	9023912	319	2,2	1,23	4,26	0,06	3,61
2	Caverna Alto dos Bambus	403282	9038414	316	2,7	1,97	3,66	0,4	3,21
3	Caverna Dá Pra Dormir	403173	9038549	302	3	6,18	13,24	2,09	24,28
4	Caverna 03	409190	9045970	291	2	2,01	8,75	0,29	11,15
5	Caverna 07	411847	9042419	281	3	1,71	4,99	0,33	4,59
6	Caverna 08	411851	9042422	281	3,2	0,95	1,07	0,39	0,54
7	Caverna Lasca Abrigo	409313	9045967	278	2	2,22	9,76	0,73	6,2
8	Caverna Artefato	409272	9045975	292	1,5	2,64	11,7	0,66	7,83
9	Caverna do Francisco	393524	9019023	264	2	6,48	27,66	3,94	31,47
10	Caverna Mosca	409791	9037941	304	3,9	2,43	1,45	0,32	1
11	Caverna Morcego Encantado	403191	9038546	309	3,5	3,29	17,05	1,83	28,81

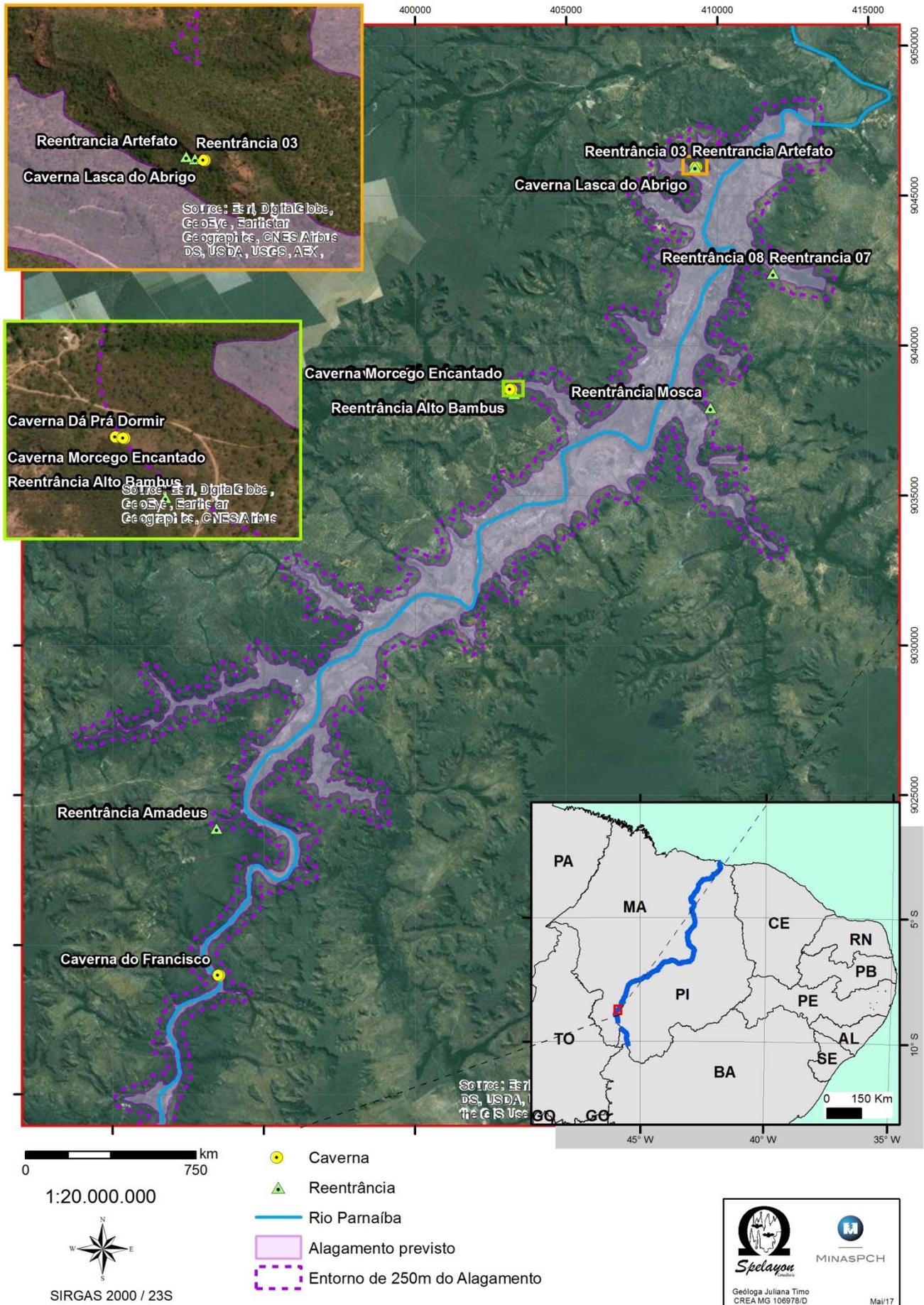


Figura 16: Mapa de localização das cavidades topografadas.

8 CARACTERIZAÇÃO DAS CAVERNAS, ABRIGOS E REENTRÂNCIAS

De um modo geral, as cavidades identificadas na área de estudo apresentam dimensões reduzidas, como pode ser observado nos dados de projeção horizontal levantados na etapa de topografia (Tabela 2), sendo que apenas parte do conjunto pode ser considerada como caverna.

A legislação referente a cavidades não é específica quanto à definição de cavernas, abrigos e reentrâncias. De acordo com a Resolução CONAMA n° 347, artigo 2°, e Decreto Federal n° 99.556/90, artigo 1°, parágrafo único, com redação dada pelo Decreto Federal n° 6.640/08, **cavidade natural subterrânea** é *“todo e qualquer espaço subterrâneo acessível pelo ser humano, com ou sem abertura identificada, popularmente conhecido como caverna, gruta, lapa, toca, abismo, furna e buraco, incluindo seu ambiente, seu conteúdo mineral e hídrico, as comunidades bióticas ali encontradas e o corpo rochoso onde as mesmas se inserem, desde que a sua formação tenha sido por processos naturais, independentemente de suas dimensões ou do tipo de rocha encaixante.”*

Devido a subjetividade do termo “acessível pelo homem”, faz-se necessária uma avaliação das condições da cavidade para a caracterização de um ambiente subterrâneo ou apenas uma feição que resulta da evolução superficial do relevo. As feições espeleológicas podem ser classificadas em cavernas, abrigos e reentrâncias. A definição do que seria um **abrigo** é de fácil entendimento, sendo uma feição espeleológica que apresenta altura da entrada maior que seu desenvolvimento ($DL < H$).

Quando as feições espeleológicas apresentam dimensões reduzidas, deve haver uma avaliação detalhada para diferenciação entre as cavernas e reentrâncias. Nos dois casos a altura da entrada deve ser menor que o seu desenvolvimento ($DL > H$). Porém, as **reentrâncias** não apresentam desenvolvimento de condutos e tem suas condições climáticas (temperatura/umidade) e de luminosidade semelhantes ao ambiente externo. Além disso, os depósitos químicos, clásticos ou biológicos que possam existir não devem ser significativos, assim como sua função hidrológica.

Cada cavidade foi avaliada levando em consideração a planta baixa, morfologia, luminosidade, temperatura e umidade. Para as feições que podem ser classificadas como abrigo, a avaliação da planta baixa associada à descrição da morfologia da caverna é suficiente. Para as feições que podem ser classificadas como reentrância, os dados de luminosidade, temperatura e umidade foram comparados com a intenção de evidenciar a influência do meio externo no interior dos condutos.

Nesse intuito, a partir das definições apresentadas, foram feitas as análises de luminosidade, variabilidade térmica e aportes orgânicos durante o levantamento

topográfico, geoespeleológico e caracterização bioespeleológica. Baseado nessas medidas e também nas observações das dimensões de entrada foi realizada uma análise detalhada das cavidades de modo a determinar quais delas poderiam ser consideradas cavernas e quais se tratavam de reentrâncias.

Os dados de luminosidade, temperatura e umidade relativa do ar foram coletados no período de 28 a 31 de março de 2017. As medições foram realizadas nos locais indicados como bases topográficas nos croquis de cada cavidade. A topografia dos condutos leva em consideração a morfologia de forma geral, e a estação topográfica é um ponto que representa bem cada setor da cavidade.

Para realizar as medições, foram utilizados aparelhos de uso profissional, com aferição do INMETRO: *Luxímetro - MLM 1020, Termo Higrômetro Digital com Cabo extensor - 1566-1 e GPS 60 CSx – Garmin*. Os dados foram coletados de acordo com as instruções de uso dos fabricantes e foram anotados para devida compilação.

8.1 Temperatura e Umidade Relativa do Ar

O ambiente cavernícola (hipógeo) é considerado climaticamente estável, sendo as temperaturas constantes e próximas às médias anuais externas, a umidade relativa do ar é próxima à saturação e a luz é permanentemente ausente (Poulson e White 1969, Culver 1982). Frequentemente as cavernas são divididas em três zonas que levam em conta as condições ambientais, como luz e temperatura (Mohr e Poulson 1966, Poulson e White 1969): a zona de penumbra é a área da caverna onde há luz suficiente para permitir a visão humana; a zona de temperatura variável é a área da caverna onde a temperatura varia de acordo com as estações do ano, e a zona de temperatura constante é a área da caverna onde a temperatura não varia ao longo do ano.

Em geral, considera-se que a média anual da temperatura de uma caverna tende a ser similar a média anual da temperatura do ar atmosférico acima da superfície onde a cavidade está inserida (Moore e Nicholas, 1964; Wigley e Brown, 1976; Moore e Sullivan, 1978 apud Dominguez-Villar et al., 2013). Essa consideração é baseada em um número limitado de estudos (Dominguez-Villar et al., 2013) e várias exceções são estudadas, por vezes apresentando temperaturas mais quentes ou mais frias que a média anual do ar atmosférico na superfície (Myers, 1968; Atkinson et al., 1983 apud Dominguez-Villar et al., 2013).

As temperaturas dentro de uma cavidade de grande desenvolvimento horizontal tem como particularidade a mínima variação em torno da média de temperaturas do meio externo, caracterizando um micro ambiente único em cada cavidade. Nas cavidades de pequeno porte, as temperaturas variam de acordo com sua morfologia e tem grande

influência do meio externo, descaracterizando o micro ambiente característico de cavidades maiores.

Para comparação com o clima do ambiente superficial, foram usados como referência os valores de temperatura e umidade relativa do ar, disponibilizados pelo Instituto Nacional de Meteorologia. Os valores apresentados são referentes às médias diárias, sendo que para a temperatura foi apresentada também a medida máxima do dia.

Tabela 3: Dados climáticos da estação meteorológica de Alto Parnaíba, MA.
Fonte: www.inmet.gov.br

Data	Temperatura Média (°C)	Temperatura Máxima (°C)	Umidade (%)
28/03/2017	26,0	32,0	79,7
29/03/2017	26,6	35,2	74,2
30/03/2017	25,5	28,9	81,7
31/03/2017	25,0	32,0	81,7

Na Tabela 4 se observa os valores das aferições de temperatura e umidade no interior das cavidades da área. A discrepância em relação aos valores do Instituto Nacional de Meteorologia (Tabela 3) pode ser devido à distância em relação à estação meteorológica e o aparelho utilizado ou sua calibração. Além disso, os valores referentes à estação meteorológica são médias diárias e os valores aferidos nas cavidades são dados pontuais. A temperatura máxima registrada no dia pela estação meteorológica deve estar mais próxima das aferições no campo, já que o trabalho foi executado no período diurno, quando ocorrem as temperaturas mais altas.

Tabela 4: Dados de temperatura e umidade relativa do ar em relação a estação topográfica.

DATA	CAVIDADE	BASE	TEMPERATURA C°	UMIDADE %
28/03/2017	Alto dos Bambus	A0	36,3	67
		A1	34,7	64
	Dá Pra Dormir	A0	30	81
		A1	29	79
		A2	28,2	80
		A.F	28,2	82
	Morcego Encantado	A0	37,3	71
		A1	36,9	56
		A2	33,3	61
29/03/2017	Cave 03	A0	30	81
		A1	29,5	74
	Lasca Abrigo	A0	28,7	84
		A1	28	85
		A.F	27,6	83
	Artefato	A0	30,8	69
		A1	29,6	79
		A2	28,3	73
	Francisco	A0	27,4	83
		A1	27,9	86
A2		26,8	81	
A.F		26,8	83	
30/03/2017	Amadeu	A0	29,4	77
		A1	29,6	75

DATA	CAVIDADE	BASE	TEMPERATURA C°	UMIDADE %
	Mosca	A0	31	75
31/03/2017	Cave 07	A0	30,3	71
		A1	29,8	75
		A2	29,6	73
		A0	30,2	74
	Cave 08	A0	30,2	74

Considerando que as feições espeleológicas analisadas apresentam pequenas dimensões, seria esperado que não houvesse variações entre os dados de temperatura e umidade relativa do ar aferidos próximo ao ponto de entrada de cada feição e os dados aferidos nas estações do interior dos condutos. Para as feições do tipo reentrância é esperado que a variabilidade térmica e higrométrica seja típica de ambiente epígeo.

Nos pontos Alto dos Bambus, Cave 03, Artefato, Amadeus e Cave 07 pode ser observada pouca variação entre os dados de temperatura e umidade relativa do ar aferidos próximo ao local de entrada e os dados aferidos nas estações do interior dos condutos. A baixa variação entre os valores aferidos pode indicar que essas feições sofrem grande influência do meio externo. Para os pontos Mosca e Cave 08 só foi possível realizar uma medição, devido ao tamanho das feições.

Nas cavidades Dá Pra Dormir, Morcego Encantado e Lasca do Abrigo pode ser observada certa variação entre os dados de temperatura e umidade relativa do ar aferidos próximo ao local de entrada e os dados aferidos nas estações do interior dos condutos. A variação entre os valores aferidos pode indicar que o ambiente interno dos condutos tende a uma maior estabilidade climática, com valores mais baixos que o observado no meio externo. Para a Caverna do Francisco não foi observada significativa variação climática, o que pode ser explicado pela densa vegetação existente na região de entrada da cavidade e também devido à proximidade com o leito do Rio Parnaíba. Essas características fazem com que a temperatura do meio externo na região de entrada da feição seja menor, comparada com a região de entrada das demais feições.

8.2 Luminosidade

O ambiente cavernícola se caracteriza pela diminuição gradativa da incidência de luz, a partir da entrada das cavidades (contato com o meio epígeo). Na zona de entrada, essa incidência é direta, enquanto na zona de penumbra esta ocorre de forma indireta. Na zona afótica, a escuridão é total.

Sobre as definições associadas à variável luminosidade, o *fluxo luminoso* é a quantidade de energia radiante capaz de sensibilizar o olho humano. A unidade desta grandeza é o *lumen* (lm), e corresponde à quantidade de energia radiante capaz de sensibilizar os olhos durante um segundo. A *iluminância*, medida em lux, é o fluxo luminoso incidente

numa superfície por unidade de área (1 lux (lx) = 1 lm/ 1 m²). Essa unidade pode ser medida com um luxímetro. Valores comuns de níveis de luz durante dia e noite podem ser encontrados na tabela que segue e tomados como referenciais de comparação.

Tabela 5: Valores comuns de níveis de luz durante dia e noite . Disponível em http://www.engineeringtoolbox.com/light-level-rooms-d_708.html.

Condição	Iluminação (lux)
Luz do sol	107.527
Dia nublado	1.075
Crepúsculo	10,8
Lua cheia	0,108

Os valores de luminosidade atendem uma escala onde se relaciona a área e a mensuração da luminosidade na feição. Nas cavidades analisadas, que tem pequenas dimensões, foi feito um zoneamento de acordo com as bases topográficas usadas no mapeamento. O zoneamento contempla desde a porção próxima a entrada (A0) até a parte mais distal. A medida no ponto mais distante da boca é chamada de “ao fundo” (A.F.) e é usada apenas quando a base topográfica não contempla a porção distal.

Na realidade, o limite da divisão de zonas é difuso e variável de acordo com a hora do dia e a intensidade do sol. Foram realizadas medidas de luminosidade (unidade Lux) em dois ou três pontos distintos de cada feição (plano do ponto zero, ponto médio, e porção distal, quando possível), para verificar a luminosidade registrada em cada parte da feição.

Os valores coletados são apresentados na Tabela 6, relacionando a estação topográfica onde foi realizada a medida e seu respectivo valor. Os dados foram coletados na escala de maior precisão do aparelho (Lux 20000x10). A última coluna apresenta as porcentagens de luminosidade em cada estação. Considerando que a medida de luminosidade na entrada é sempre dada como a totalidade de luz na feição. Portanto, foi definido o valor de 100% para a medida da entrada e os outros valores são gerados em relação esta primeira medida, na estação da entrada.

Tabela 6: Valores de luminosidade relacionados às estações topográficas.

DATA	CAVIDADE	BASE	LUXIMETRO	% LUX
28/03/2017	Alto dos Bambus	A0	1669	100
		A1	340	20,4
	Dá Pra Dormir	A0	1034	100
		A1	1023	99
		A2	0,3	0,03
		A.F	0	0
	Morcego Encantado	A0	>2000	100
		A1	1407	70,4
		A2	71	3,55
	29/03/2017	Cave 03	A0	1250
A1			490	39,2
Lasca Abrigo		A0	>2000	100
		A1	938	46,9
		AF	38	1,9

DATA	CAVIDADE	BASE	LUXIMETRO	% LUX
	Artefato	A0	>2000	100
		A1	180	9
		A2	80	4
	Francisco	A0	190	100
		A1	63	33,2
		A2	1	0,5
		A.F	0	0
30/03/2017	Amadeu	A0	1669	100
		A1	340	20,4
	Mosca	A0	1601	100
31/03/2017	Cave 07	A0	>2000	100
		A1	>2000	100
		A2	1203	60,2
	Cave 08	A0	>2000	100

A variação dos valores evidencia que a grande maioria das feições não possuem as características necessárias para a criação do micro ambiente específico cavernícola. A variação da luminosidade indica que o meio externo atua intensamente no microclima das feições. Mesmo em dias nublados a variação se mantém qualitativamente, pois os valores iniciais serão mais baixos em dias de menor insolação, assim os valores da porção distal das feições também serão menores.

Nas cavidades Dá Pra Dormir, Morcego Encantado, Lasca do Abrigo e Francisco pode ser observada uma significativa redução da luminosidade, relacionando a medida na entrada e na região mais distal do conduto. Para as cavernas Dá Pra Dormir e Francisco ocorreu valor nulo na medição da luminosidade, porém de acordo com a descrição da equipe que aferiu as medidas, no local pode ser observada uma forte penumbra. Dessa forma, a região distal dos condutos destas cavidades apresentam zonação disfótica.

8.3 Classificação das Feições Espeleológicas

Por apresentarem características essencialmente do meio externo, como seu relevo, luminosidade, temperatura e umidade, estas feições foram diferenciadas, uma vez que nelas não se encontram ocorrências de qualquer natureza que possam ter relevância espeleológica, como depósitos químicos, clásticos e biológicos com possível valor científico ou cênico, assim como função hidrológica permanente ou intermitente. Dessa forma, 04 feições foram consideradas cavernas para este estudo e será alvo da análise de relevância (Tabela 7).

Tabela 7: Cavernas identificadas na área do Projeto UHE Canto do Rio.

Nº	Cavidade	UTM E	UTM S	PH (m)	Área (m ²)	Desnível (m)	Volume (m ³)	TIPOLOGIA
1	Caverna Dá Pra Dormir	403173	9038549	6,18	13,24	2,09	24,28	Caverna
2	Caverna Lasca Abrigo	409313	9045967	2,22	9,76	0,73	6,2	Caverna
3	Caverna do Francisco	393524	9019023	6,48	27,66	3,94	31,47	Caverna

Nº	Cavidade	UTM E	UTM S	PH (m)	Área (m ²)	Desnível (m)	Volume (m ³)	TIPOLOGIA
4	Caverna Morcego Encantado	403191	9038546	3,29	17,05	1,83	28,81	Caverna

As 07 feições que foram consideradas reentrâncias são listadas na Tabela 8 e a seguir é apresentada a descrição das feições com os respectivos registros fotográficos e mapas topográficos. Diante das características das feições espeleológicas analisadas na área de estudo nenhuma pode ser considerada como Abrigo.

Tabela 8: Feições identificadas na área do Projeto UHE Canto do Rio.

Nº	CAVIDADE	X	Y	PH (m)	Área (m ²)	Desnível (m)	Volume (m ³)	TIPOLOGIA
1	Reentrância Amadeus	393435	9023912	1,23	4,26	0,06	3,61	Reentrância
2	Reentrância Alto dos Bambus	403282	9038414	1,97	3,66	0,4	3,21	Reentrância
3	Reentrância 03	409190	9045970	2,01	8,75	0,29	11,15	Reentrância
4	Reentrância 07	411847	9042419	1,71	4,99	0,33	4,59	Reentrância
5	Reentrância 08	411851	9042422	0,95	1,07	0,39	0,54	Reentrância
6	Reentrância Artefato	409272	9045975	2,64	11,7	0,66	7,83	Reentrância
7	Reentrância Mosca	409791	9037941	2,43	1,45	0,32	1	Reentrância

8.4 Reentrância Amadeus

O ponto localiza-se sob as coordenadas UTM 393435 E/9023912 N, altitude 319 m. Está inserida em alta vertente, em escarpa em encosta escalonada de aproximadamente 15 m de altura. Sua localização já se encontra próxima ao topo. O terreno é bastante íngreme e a entrada da feição ocorre em pequeno patamar. A litologia presente é o arenito. A rocha é muito fina, com coloração variando de rosa a laranja, com areia fina e pelito friável, homogênea. O acamamento se mostra sub-horizontal.



Foto 5: Localização da feição no paredão.



Foto 6: Vista da Reentrância Amadeus, demonstrando suas pequenas dimensões.

A reentrância apresenta pequeno desenvolvimento horizontal de 1,23 metros e entrada larga com aproximadamente 5 m. As paredes são irregulares, teto regular e piso predominantemente horizontal, com leve ascendência no contato com a parede. Possui

apenas uma entrada sendo essa, de aproximadamente 1,18 metros de altura. Apresenta padrão planimétrico semicircular e as únicas feições morfológicas presentes foram pequenos canalículos.

Depósitos químicos não foram observados. Quanto aos depósitos clásticos ocorrem sedimentos finos do tipo areia sobre o piso da feição que é predominantemente de rocha. Os sedimentos são autogênicos e angulosos. O espaço subterrâneo pode ter se desenvolvido por ampliação de canalículos devido à lixiviação e abatimento.

Possui apenas zonação eufótica, ou seja, com presença total de luminosidade. Foi registrada a temperatura de 29,6 °C e umidade de 75% na estação chuvosa, já no período seco a temperatura e umidade registrada foi de 37,0 °C e 35%, respectivamente. A vegetação em torno da cavidade e de porte arbustivo/rasteiro pertencente a fitofisionomia do Cerrado. No interior da cavidade observaram-se como substratos orgânicos os detritos. Foi observada a presença de fauna representada por aranha, collembola, formigas e mosquito.

Com relação à dinâmica hídrica dessa cavidade, não foram observadas feições hídricas, assim como possíveis marcas de passagem de água. Vestígios arqueológicos e/ou paleontológicos superficiais também não foram observados. Foi verificado um bom estado de conservação.

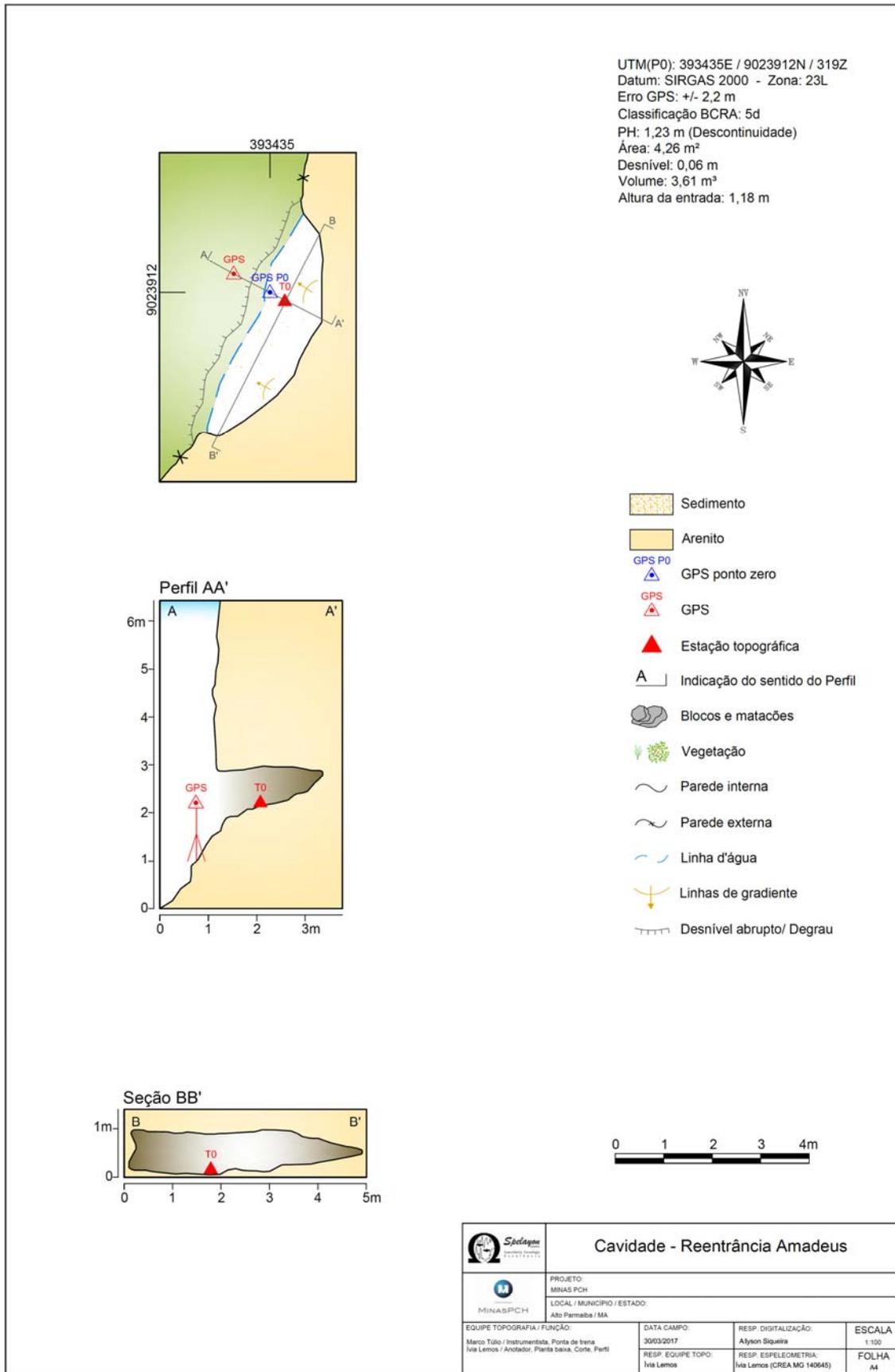


Figura 17: Croqui topográfico da feição Reentrância Amadeus.

8.5 Reentrância Alto dos Bambus

O ponto localiza-se sob as coordenadas UTM 403282 E/9038414 N, altitude 316 m. Está inserida em alta vertente, em escarpa em encosta escalonada de aproximadamente 10 m de altura. Sua localização já se encontra próxima ao topo. A litologia presente é o arenito. A rocha é de cor rosa muito fina intercalada a arenitos de granulometria fina a média. Níveis pelíticos intercalados. O acamamento se mostra sub-horizontal.

A reentrância apresenta pequeno desenvolvimento horizontal de 1,97 metros e entrada larga com aproximadamente 2,80 m. As paredes e teto são irregulares e o piso levemente ascendente para o interior. Possui apenas uma entrada sendo essa arredondada, em patamar e com aproximadamente, 1,06 metros de altura. Apresenta padrão planimétrico semicircular e as únicas feições morfológicas presentes foram pequenos canalículos.



Foto 7: Localização da feição na vertente.



Foto 8: Interior da Reentrância Alto Bambus, demonstrando suas pequenas dimensões.

Depósitos químicos não foram observados. Quanto aos depósitos clásticos predominam os finos do tipo argila/silte e areia. Porém ocorrem seixos esparsos. Os sedimentos são autogênicos e arredondados. O espaço subterrâneo pode ter se desenvolvido por ampliação de canalículos devido à lixiviação.

A cavidade possui apenas zonação eufótica, ou seja, com presença total de luminosidade. Foi registrada a temperatura de 34,7 °C e umidade de 64% na estação chuvosa, já no período seco a temperatura e umidade registrada foi de 33,7 °C e 47%, respectivamente. A vegetação em torno da cavidade e de porte arbustivo/rasteiro pertencente à fitofisionomia do Cerrado. Observaram-se como substratos orgânicos os detritos. A fauna observada é composta por acaro, aranha, barbeiro, collembola, formiga, mosquito e mariposa.

Com relação à dinâmica hídrica dessa cavidade, foi observado pequeno ponto de gotejamento próximo à entrada. Destaca-se que a visita à cavidade foi no período chuvoso. Vestígios arqueológicos e/ou paleontológicos superficiais também não foram

observados. Foi verificado um bom estado de conservação.



Foto 9: Pequena poça formada por gotejamento.



Foto 10: Sedimentos finos em meio a seixos observados no piso da feição.

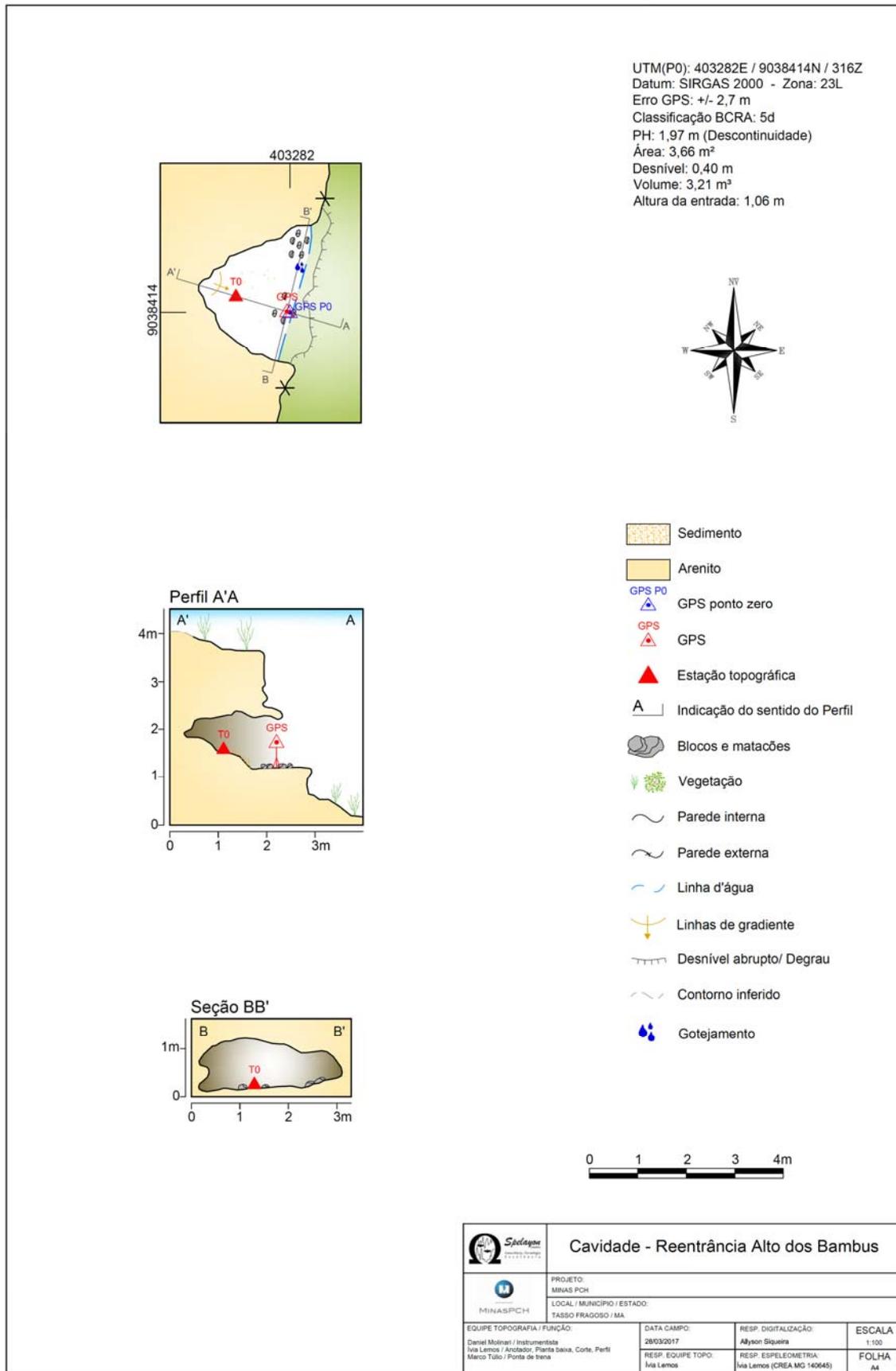


Figura 18: Croqui topográfico da feição Reentrância Alto dos Bambus.

8.6 Reentrância 03

O ponto localiza-se sob as coordenadas UTM 409190 E/9045970 N, altitude 291 m. Está inserida em alta vertente, em escarpa em encosta escalonada de aproximadamente 9 m de altura. Vegetação densa no entorno. A litologia presente é o arenito com presença de feldspato, de coloração rosa a laranja, com muito silte. Observam-se pontos brancos na rocha, possivelmente caulim. Ocorre estratificação cruzada acanalada com níveis de arenito branco. O acamamento se mostra horizontal e foi observada fratura no exterior da feição com atitude 210/65.

A reentrância apresenta pequeno desenvolvimento horizontal de 2,01 metros e entrada com aproximadamente 5 m de largura. As paredes e teto são irregulares, e o piso levemente ascendente. Possui apenas uma entrada sendo essa, de aproximadamente, 1,60 metros de altura na sua porção central. Possui porção de teto baixo em sua extremidade direita, formando pequeno salão. Apresenta padrão planimétrico semicircular e as únicas feições morfológicas presentes foram pequenos canalículos.

Depósitos químicos não foram observados. Quanto aos depósitos clásticos ocorrem de forma predominante sedimentos finos do tipo argila/silte e areia. Ocorrem ainda sedimentos tamanho calhau acumulados em porção lateral da feição. Os sedimentos são autogênicos e arredondados. O espaço subterrâneo pode ter se desenvolvido por ampliação de canalículos devido à lixiviação.

A cavidade possui apenas zonação eufótica, ou seja, com presença total de luminosidade. Foi registrada a temperatura de 29,5 °C e umidade de 74% na estação chuvosa, já no período seco a temperatura e umidade registrada foi de 31,6 °C e 46%, respectivamente. A vegetação em torno da cavidade e de porte arbóreo/arbustivo/rasteiro pertencente à fitofisionomia do Cerrado. No interior da cavidade observaram-se como substratos orgânicos matérias vegetais, detritos e raízes. A fauna observada foi composta por acaro, aranha, barbeiro, besouros, calangos, cupim, formiga e mariposa.

Com relação à dinâmica hídrica dessa cavidade, não foram observadas feições hídricas. Observam-se marcas de possível percolação de água em eventos de chuva intensa. Vestígios arqueológicos e/ou paleontológicos superficiais também não foram observados. Foi verificado um bom estado de conservação.

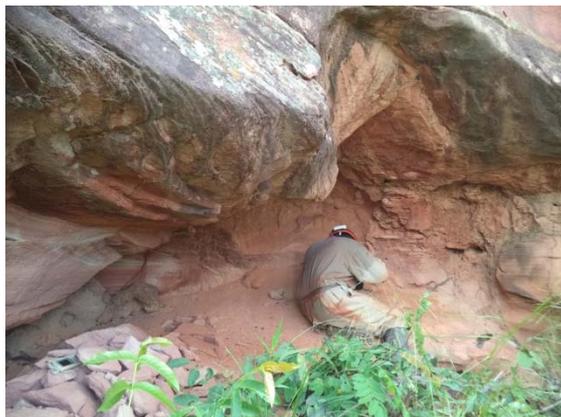


Foto 11: Interior da cavidade evidenciando sua pequena dimensão.



Foto 12: Estratificação cruzada presente.



Foto 13: Formação de canaliculos em estrutura horizontal da rocha.

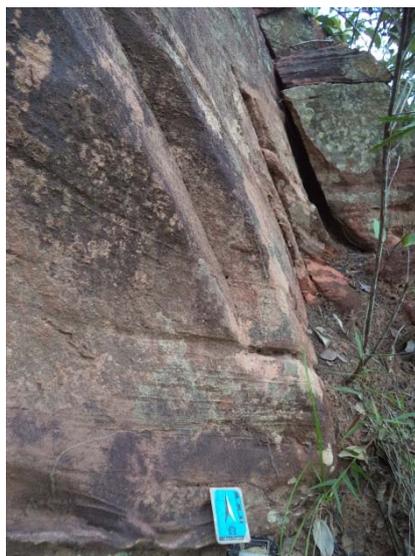


Foto 14: Fraturamento da rocha formando a escarpa do afloramento.

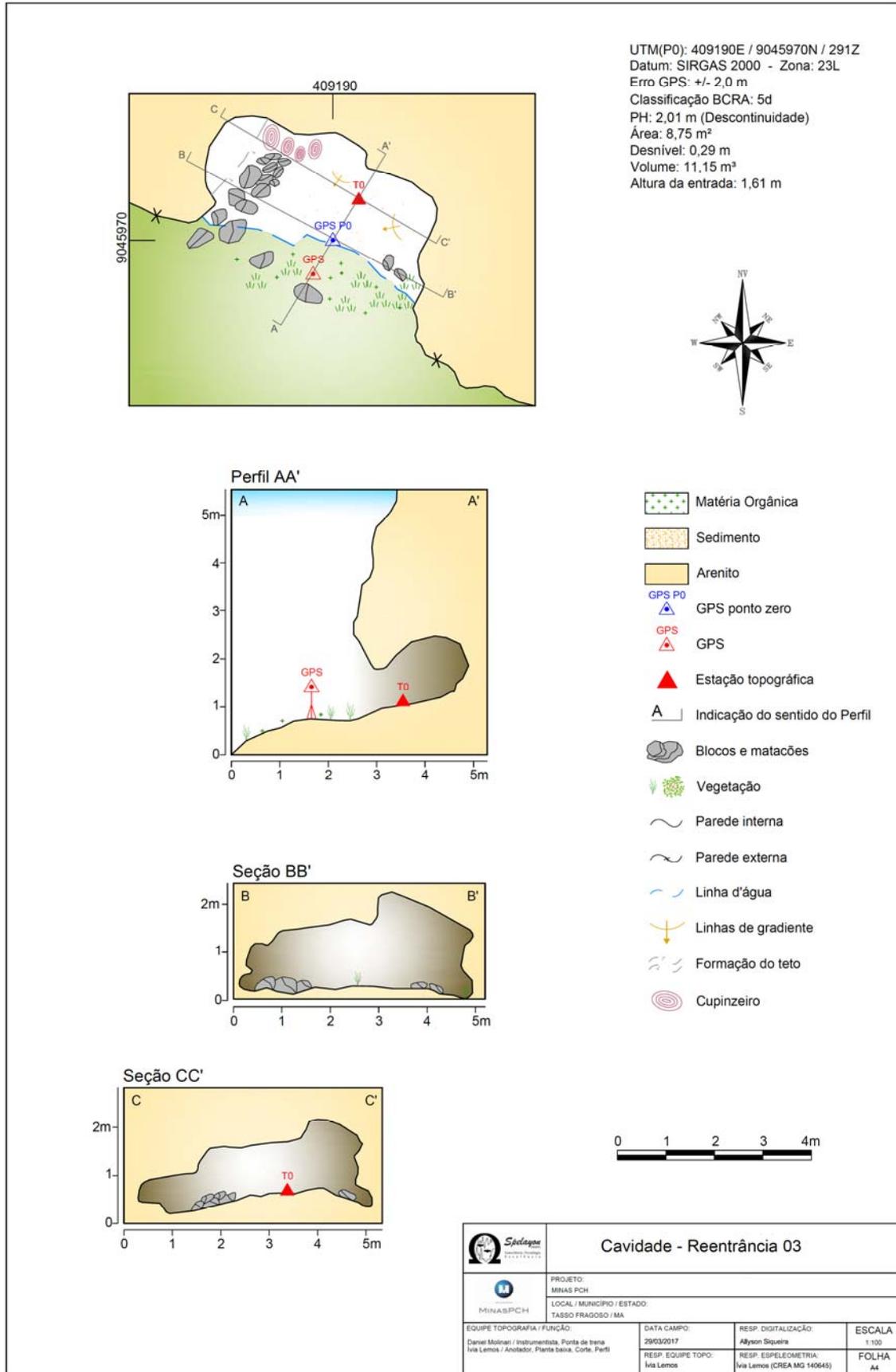


Figura 19: Croqui topográfico da feição Reentrância 03.

8.7 Reentrância 07

O ponto localiza-se sob as coordenadas UTM 411847 E/9042419 N, altitude 281 m. Está inserida na média vertente, na base de escarpa em encosta escalonada de aproximadamente 5 m de altura. O afloramento apresenta grande continuidade lateral podendo chegar a 20 m de extensão. A litologia presente é o arenito. A rocha apresenta coloração laranja a rosa, granulometria fina a média, friável. Observam-se pontos brancos na rocha, possivelmente caulim. O acamamento se mostra sub-horizontal.

A reentrância apresenta pequeno desenvolvimento horizontal de 1,71 metros e entrada larga com aproximadamente 5 m. As paredes e teto são irregulares e piso com ascendência para o interior. Possui apenas uma entrada sendo essa, de aproximadamente, 0,90 metros de altura. Apresenta padrão planimétrico semicircular e as únicas feições morfológicas presentes foram canalículos e pilar.

Depósitos químicos não foram observados. Quanto aos depósitos clásticos ocorrem predominantemente sedimentos finos do tipo argila/silte sobre o piso. Ocorrem seixos esparsos. Os sedimentos são autogênicos e arredondados. O espaço subterrâneo pode ter se desenvolvido por ampliação de canalículos devido à lixiviação.

A cavidade possui apenas zonação eufótica, ou seja, com presença total de luminosidade. Foi registrada a temperatura de 29,6 °C e umidade de 73% na estação chuvosa, já no período seco a temperatura e umidade registrada foi de 36,9 °C e 39%, respectivamente. A vegetação em torno da cavidade e de porte arbustivo/rasteiro pertencente a fitofisionomia do Cerrado. No interior da cavidade observaram-se como substratos orgânicos matérias vegetais, detritos e raízes. A fauna observada foi composta por acaro, aranha, barbeiro, collembola, formiga, mosquito, mariposa e pseudoescorpião.

Com relação à dinâmica hídrica dessa cavidade, não foram observadas feições hídricas. Vestígios arqueológicos e/ou paleontológicos superficiais também não foram observados. Foi verificado um bom estado de conservação no interior. No entorno foi verificada a presença de lixo (ferramentas agrícolas velhas).



Foto 15: Feição Reentrância 07 com suas pequenas dimensões.



Foto 16: Presença de sedimento fino e matéria orgânica no piso da feição.

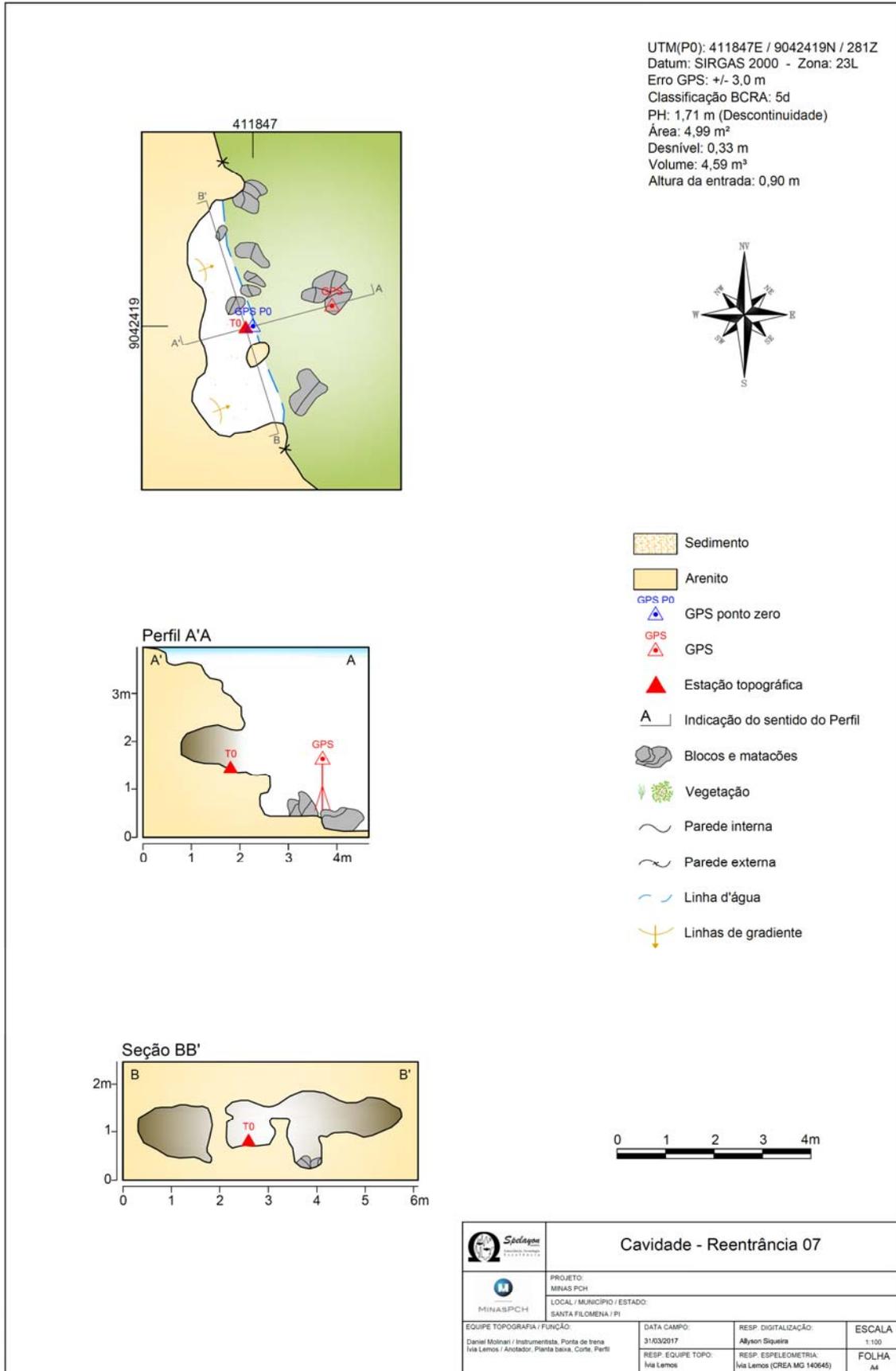


Figura 20: Croqui topográfico da feição Reentrância 07.

8.8 Reentrância 08

O ponto localiza-se sob as coordenadas UTM 411851 E/9042422 N, altitude 281 m. Está inserida na média vertente, na base de escarpa em encosta escalonada de aproximadamente 5 m de altura. O afloramento apresenta grande continuidade lateral podendo chegar a 20 m de extensão. A litologia presente é o arenito. A rocha apresenta coloração laranja a rosa, granulometria fina a média, friável. Observam-se pontos brancos na rocha, possivelmente caulim. O acamamento se mostra sub-horizontal.

A reentrância se localiza em pequeno platô acima da feição Caverna 07 e apresenta pequeno desenvolvimento horizontal de 0,95 metros e entrada estreita com aproximadamente 1,40 m de largura. As paredes e teto são irregulares e piso horizontal. Possui apenas uma entrada sendo essa, de aproximadamente, 0,60 metros de altura. Apresenta padrão planimétrico retilíneo e as únicas feições morfológicas presentes foram canalículos.

Depósitos químicos não foram observados. Quanto aos depósitos clásticos ocorrem sedimentos finos do tipo argila/silte sobre o piso de rocha. Os sedimentos são autogênicos e arredondados. O espaço subterrâneo pode ter se desenvolvido por ampliação de canalículos devido à lixiviação.

A cavidade possui apenas zonação eufótica, ou seja, com presença total de luminosidade. Foi registrada a temperatura de 30,2 °C e umidade de 74% na estação chuvosa, já no período seco a temperatura e umidade registrada foi de 36,7 °C e 40%, respectivamente. A vegetação em torno da cavidade e de porte arbustivo/rasteiro pertencente a fitofisionomia do Cerrado. No interior da cavidade observaram-se como substratos orgânicos matérias vegetais e detritos. A fauna observada foi composta de aranha, barbeiro, formigas e mosquito.

Com relação à dinâmica hídrica dessa cavidade, não foram observadas feições hídricas. Vestígios arqueológicos e/ou paleontológicos superficiais também não foram observados. Foi verificado um bom estado de conservação no interior. No entorno foi verificada a presença de lixo (ferramentas agrícolas velhas).



Foto 17: Reentrância 08 com entrada estreita.



Foto 18: Canaliculos observados na região de entrada.

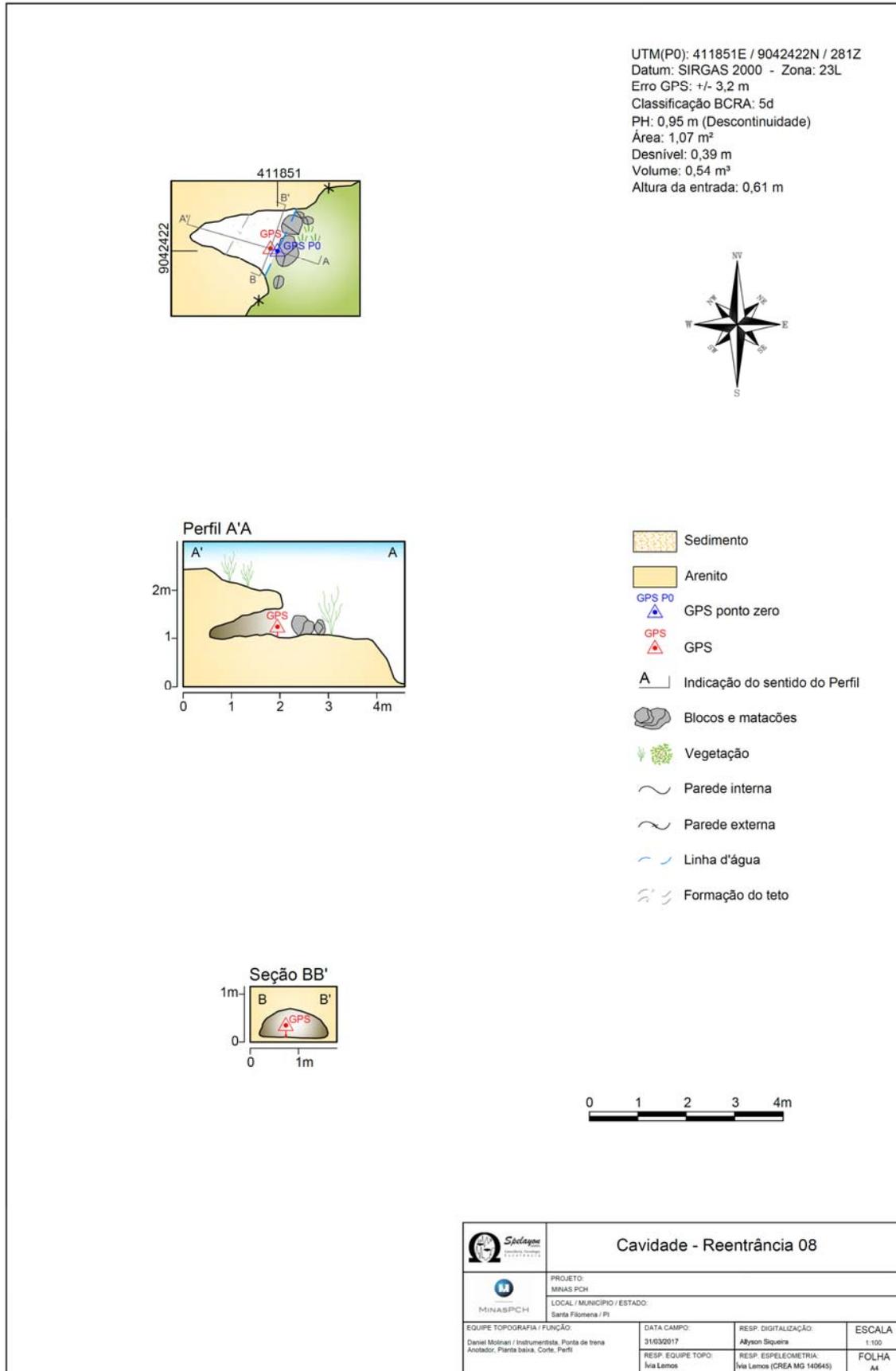


Figura 21: Croqui topográfico da feição Reentrância 08.

8.9 Reentrância Artefato

O ponto localiza-se sob as coordenadas UTM 409272 E/9045975 N, altitude 292 m. Está inserida em alta vertente, em escarpa em encosta escalonada de aproximadamente 8 m de altura. O terreno é íngreme com presença de colmeia de abelha Jataí ao lado. A litologia presente é o arenito com presença de feldspato, de coloração rosa a laranja, com muito silte. O acamamento se mostra sub-horizontal.

A reentrância apresenta pequeno desenvolvimento horizontal de 2,64 metros e entrada larga com aproximadamente 5,5 m. As paredes e teto são irregulares e o piso levemente ascendente. Possui apenas uma entrada sendo essa, de aproximadamente 1,44 metros de altura. Apresenta padrão planimétrico semicircular e as feições morfológicas presentes foram pequenos canáliculos e *bell holes*, cavidades arredondadas no teto.



Foto 19: Posicionamento da feição na vertente.



Foto 20: Entrada da cavidade evidenciando suas pequenas dimensões internas.



Foto 21: *Bell Holes*, feição observada no teto da cavidade.



Foto 22: interior da feição com grande quantidade de sedimento fino acumulado no piso.

Depósitos químicos não foram observados. Quanto aos depósitos clásticos ocorrem sedimentos finos do tipo argila/silte em abundância cobrindo todo o piso da feição. Os sedimentos são autogênicos. O espaço subterrâneo pode ter se desenvolvido por lixiviação e ampliação de canáliculos.

A cavidade possui apenas zonação eufótica, ou seja, com presença total de luminosidade. Foi registrada a temperatura de 28,3 °C e umidade de 73% na estação

chuvosa, já no período seco a temperatura e umidade registrada foi de 31,6 °C e 48%, respectivamente. A vegetação em torno da cavidade e de porte arbóreo/arbustivo/rasteiro pertencente a fitofisionomia do Cerrado. No interior da cavidade observaram-se como substratos orgânicos materiais vegetais, detritos e raízes. A fauna observada foi composta de acaro, aranha, barbeiro, besouro, calango, collembola, cupim, formiga, lacraia, mosquito, mariposa, pseudoescorpião e psocoptera. Com relação à dinâmica hídrica dessa cavidade, não foram observadas feições hídricas. Vestígios arqueológicos e/ou paleontológicos superficiais também não foram observados. Foi verificado um bom estado de conservação.

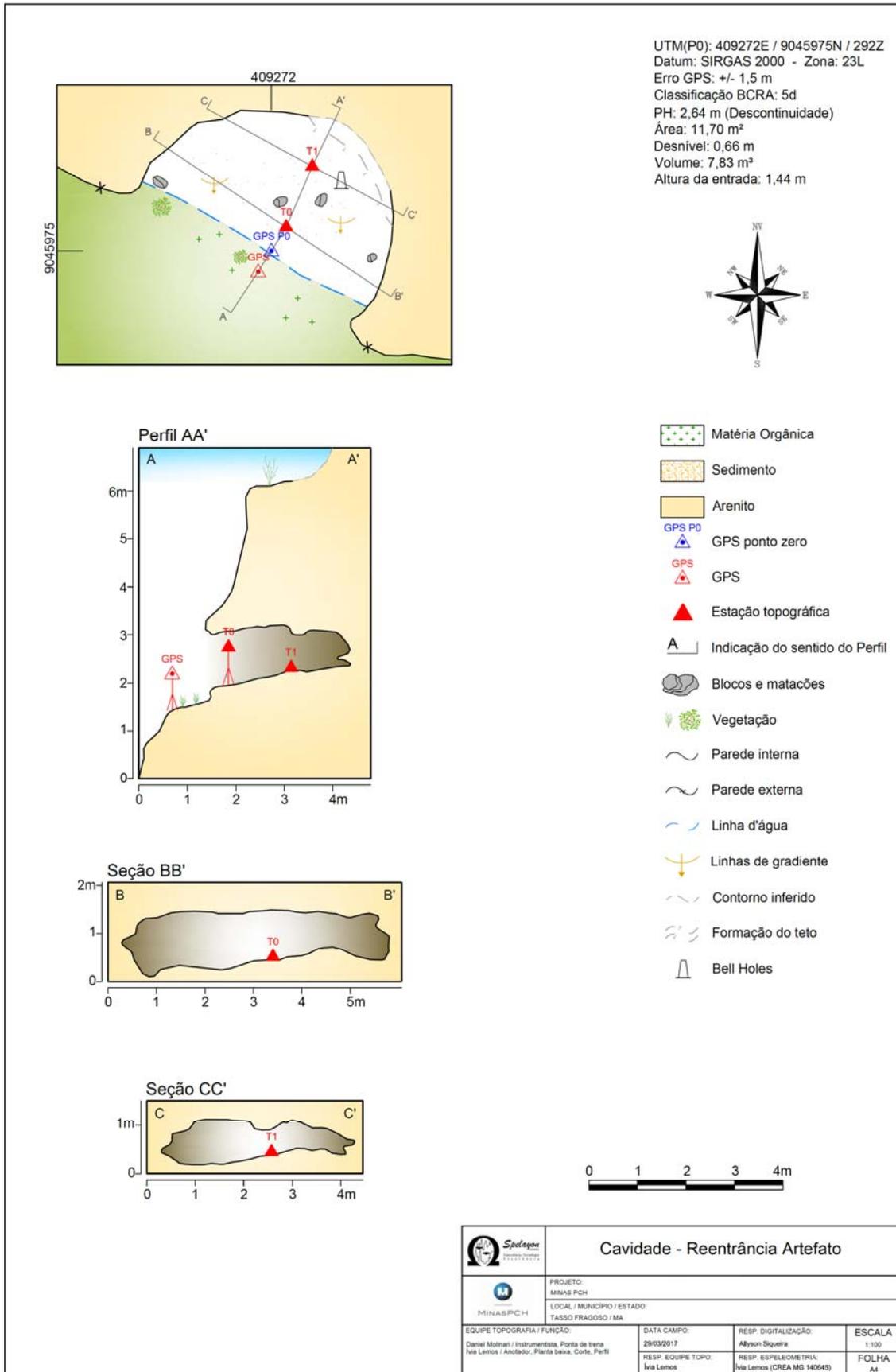


Figura 22: Croqui topográfico da feição Reentrância Artefato.

8.10 Reentrância Mosca

O ponto localiza-se sob as coordenadas UTM 409791 E/9037941 N, altitude 304 m. Está inserida na média vertente, em escharpa em encosta escalonada de aproximadamente 12 m de altura. A litologia presente é o arenito. A rocha possui coloração variando de rosa a amarela, com estratificação cruzada. Observam-se pontos brancos na rocha, possivelmente caulim. O acamamento se mostra sub-horizontal.

A reentrância apresenta conduto único com pequeno desenvolvimento horizontal de 2,43 metros e entrada estreita com aproximadamente 0,50 m de largura. As paredes e teto são irregulares e o piso se apresenta horizontal com parte inicial levemente ascendente. Possui apenas uma entrada apertada, de aproximadamente, 0,85 metros de altura. Apresenta padrão planimétrico retilíneo e as únicas feições morfológicas presentes foram pequenos canalículos.

Depósitos químicos não foram observados. Quanto aos depósitos clásticos ocorrem sedimentos finos do tipo areia sobre o piso da feição. Os sedimentos são autogênicos e arredondados. O espaço subterrâneo pode ter se desenvolvido por ampliação de canalículos devido à lixiviação.

A cavidade possui zonações eufótica e disfótica com predominância da zonação disfótica, ou seja, possui uma maior área de penumbra. Foi registrada a temperatura de 31 °C e umidade de 75% na estação chuvosa, já no período seco a temperatura e umidade registrada foi de 38,0 °C e 33%, respectivamente. A vegetação em torno da cavidade e de porte arbustivo/rasteiro pertencente a fitofisionomia do Cerrado. No interior da cavidade observou-se como substrato orgânico os detritos. A fauna observada foi composta por aranha, calango, cupim, formiga, marimbondo, mosquito e pseudoescorpião.

Com relação à dinâmica hídrica dessa cavidade, não foram observadas feições hídricas. Vestígios arqueológicos e/ou paleontológicos superficiais não foram observados no interior da cavidade, porém em paredão ao lado se observa inscrições rupestres. Foi verificado um bom estado de conservação, com presença de marimbondos no interior.



Foto 23: Maciço onde se encontra a feição com indicação de sua localização.



Foto 24: Interior da feição Reentrância Mosca.



Foto 25: Inscrições em paredão ao lado da entrada da feição.

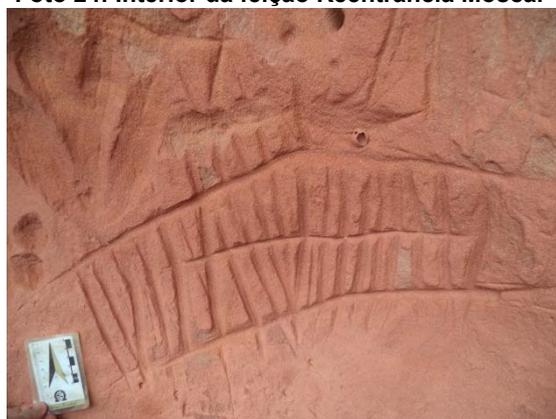


Foto 26: Inscrições em paredão ao lado da entrada da feição.

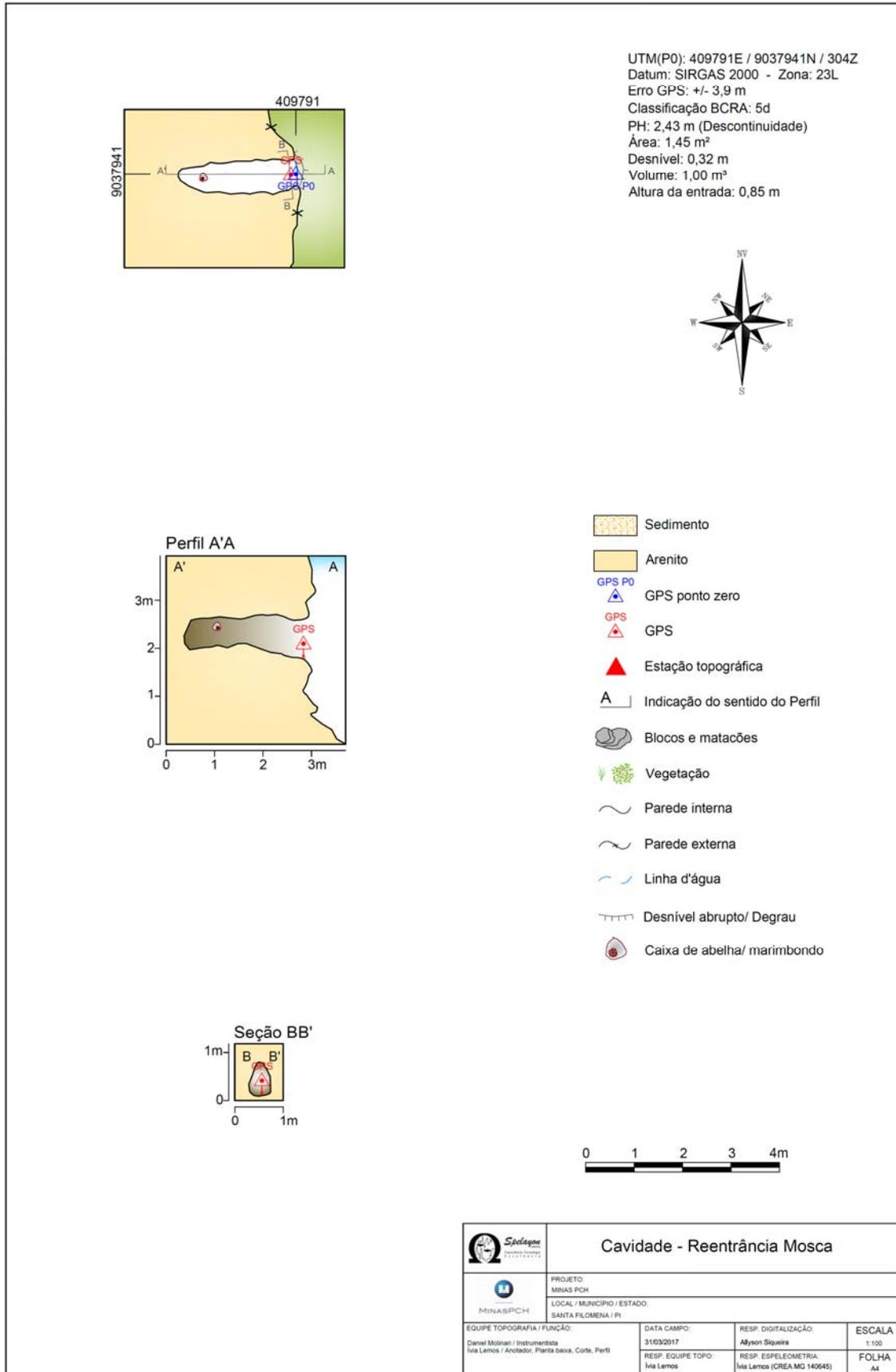


Figura 23: Croqui topográfico da feição Reentrância Mosca.

9 GEOESPELEOLOGIA

A descrição física e o estudo geológico dos espaços subterrâneos são os objetivos da geoespeleologia. Um conjunto de disciplinas que permite estudar a origem e evolução das cavernas, a chamada espeleogênese. Para tanto as cavidades foram analisadas quanto à localização geomorfológica, hidrologia, geologia, depósitos sedimentares existentes, aspectos histórico-culturais e estado de conservação. A descrição dessas características oferece subsídio para a classificação quanto ao grau de relevância geoespeleológica.

A avaliação geoespeleológica foi realizada apenas para as feições consideradas cavernas: Caverna Dá Pra Dormir, Caverna Lasca Abrigo, Caverna do Francisco e Caverna Morcego Encantado.

9.1 Metodologia

Inicialmente foi feito o levantamento do contexto regional da área de estudo, uma caracterização preliminar da geologia, geomorfologia e hidrografia. Conforme o posicionamento geográfico, a área foi classificada quanto à unidade espeleológica e unidade geomorfológica a que pertence. Foi feita também uma busca por informações a respeito de cavidades naturais subterrâneas existentes no domínio espeleológico da área de estudo.

Para análise geoespeleológica diversos atributos foram avaliados. A geomorfologia da área de estudo foi descrita observando a inserção das cavidades na paisagem. O relevo acidentado pode ser classificado em baixa, média, alta vertente e topo, de acordo com a posição na encosta. Outros aspectos como a presença de escarpas rochosas, drenagens superficiais, inclinação da vertente também foram avaliados. A litologia onde as cavidades se inserem foi descrita com uma completa caracterização dos tipos de rochas aflorantes. As estruturas observadas, como fraturas, juntas de alívio e acamamento também foram descritos. As discontinuidades são importantes fatores que condicionam a percolação de água no interior do maciço rochoso. Além da possibilidade de intervir na gênese e desenvolvimento das cavernas. A morfologia leva em consideração o padrão planimétrico da cavidade, buscando correlação com dados estruturais e litológicos. Foi analisada a planta baixa, corte e perfil das cavernas relacionando sua forma com a gênese e evolução.

A quantidade de água presente em cada cavidade também foi observada, com objetivo de determinar a dinâmica hidrológica. Feições como condensação, percolação, surgências e sumidouros são importantes no processo de formação das cavidades.

Depósitos sedimentares podem ser divididos em químicos e detríticos. Os químicos são os espeleotemas que dão beleza cênica ao ambiente cavernícola. Foram descritos quanto a sua forma, diversidade e configuração. Os detríticos são sedimentos terrígenos depositados no piso, classificados quanto à granulometria e distribuição. Depósitos orgânicos como a serrapilheira foram brevemente descritos.

9.2 Inserção na Paisagem

A morfologia do relevo na região onde ocorrem as cavidades é marcada por colinas dissecadas a suaves, entalhadas por vales encaixados associados à evolução dos leitos do rio Parnaíba e seus afluentes. O relevo imponente das chapadas se localiza fora da região do empreendimento. As cavidades se desenvolvem em afloramentos residuais, que resistiram na ação erosiva da evolução geomorfológica.

A rocha tem composição arenítica de forma predominante, com alto grau de intemperismo. Os grãos são desagregados com facilidade o que facilita a erosão dos maciços e ocorre a formação de solos arenosos nas baixadas.

A Caverna Lasca do Abrigo se localiza na região mais ao norte da área. Está inserida em um afloramento residual com escarpa alongada na direção NW-SE. A escarpa está voltada para o leito de um afluente do Rio Parnaíba pela margem esquerda, que entalhou o relevo. Na Figura 24 pode ser avistado o posicionamento do maciço em relação ao Rio Parnaíba. No mesmo afloramento da Caverna Lasca do Abrigo ocorrem duas reentrâncias cadastradas (Reentrância 3 e Reentrância Artefato), que se desenvolvem lateralmente na escarpa.



Figura 24: Vista aérea com o posicionamento da Caverna Lasca do Abrigo (ponto na cor laranja) no relevo em relação ao Rio Parnaíba. O sentido do fluxo do rio é indicado pela seta azul, que está na direção NE no trecho indicado.

A Caverna Morcego Encantado e Caverna dá Pra Dormir estão inseridas também em um afloramento residual. A escarpa em que se inserem é ligeiramente alongada segundo a direção WNW-ESSE e está voltada para o leito de um afluente do Rio Parnaíba pela margem esquerda. Na Figura 25 pode ser visualizado o Rio Parnaíba e ao fundo as imponentes escarpas que formam o relevo de chapadas, característico da região. Na escarpa oposta do mesmo maciço que essas cavidades estão inseridas, foi cadastrada uma reentrância (Reentrância Alto dos Bambus).

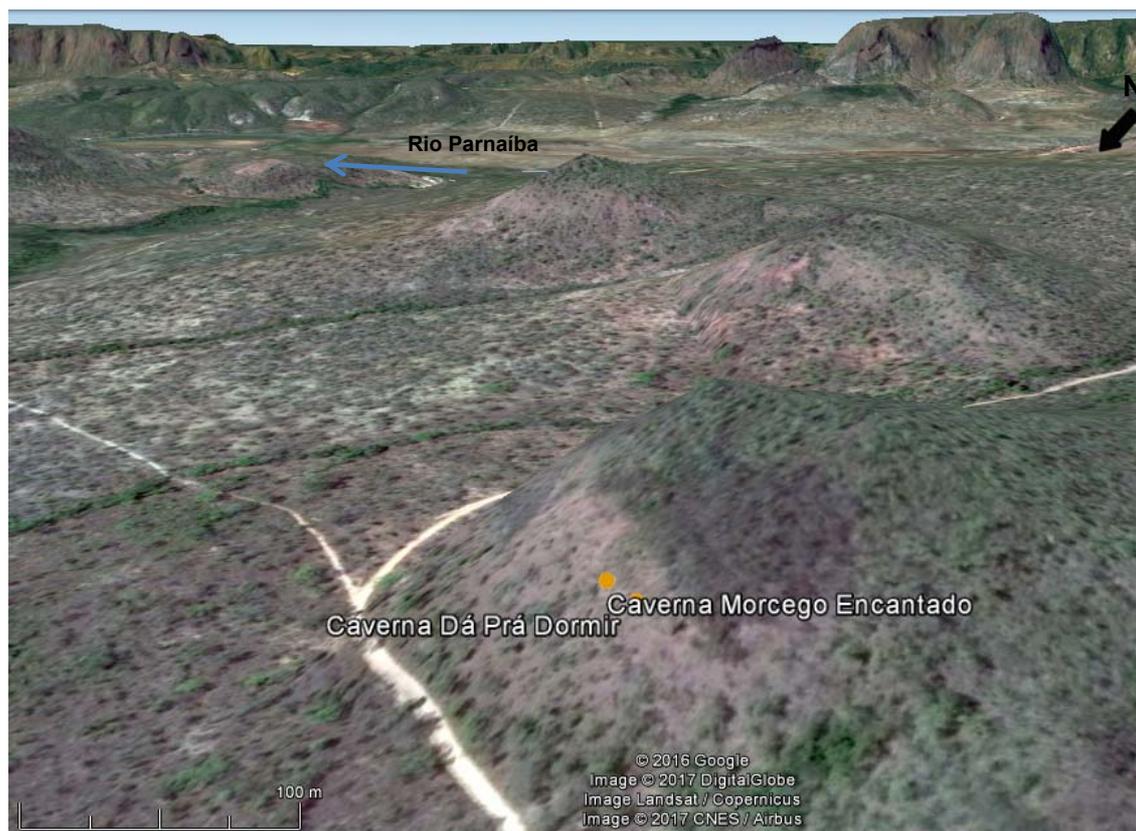


Figura 25: Vista aérea, com o posicionamento da Caverna Morcego Encantado e Caverna Dá Pra Dormir (pontos na cor laranja) no relevo em relação ao Rio Parnaíba. A localização do rio e o sentido do fluxo são indicados pela seta azul, que está na direção NE no trecho indicado.

A Caverna do Francisco está localizada na região mais ao sul do empreendimento. Está inserida próximo da margem direita do Rio Parnaíba em local de curva acentuada do leito. O afloramento em que a cavidade está inserida tem cerca de 4 m de desenvolvimento e forma um tipo de patamar para a escarpa principal que tem mais de 20 m de altura. No local o Rio Parnaíba entalha o relevo associado às chapadas, como pode ser visualizado na Figura 26.

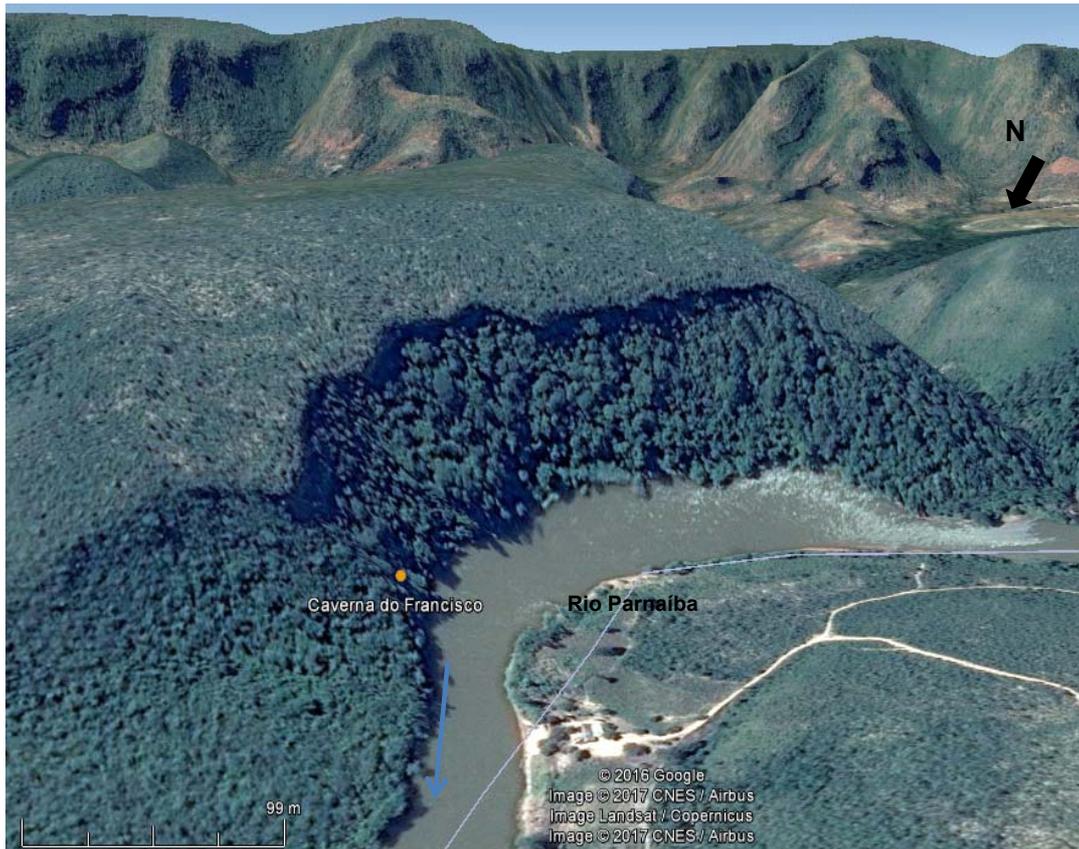


Figura 26: Vista aérea com o posicionamento da Caverna do Francisco (pontos na cor laranja) no relevo em relação ao Rio Parnaíba. O sentido do fluxo do rio é indicado pela seta azul, que está na direção N no trecho indicado.



Foto 27: Afloramento onde está inserida a Caverna Lasca do Abrigo.
Fonte: Spelayon, 2017.



Foto 28: Vista de dentro da Caverna dá Pra Dormir para a morfologia de chapadas no relevo. Fonte: Spelayon, 2017.

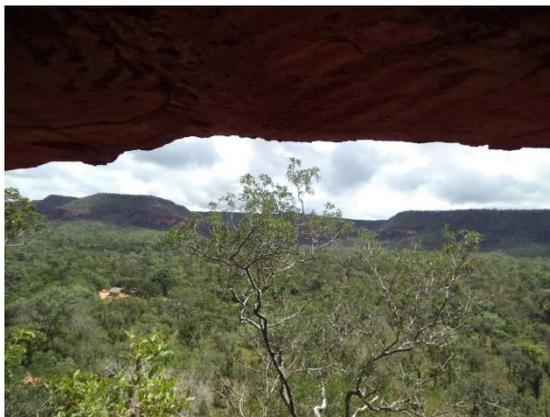


Foto 29: Vista de dentro da Caverna Morcego Encantado. Fonte: Spelayon, 2017.



Foto 30: Vista de dentro da Caverna do Francisco para a vegetação as margens do Parnaíba. Fonte: Spelayon, 2017.



Foto 31: Vista para a paisagem onde a Caverna do Francisco está inserida. Com uma escarpa verticalizada com mais de 20 m de altura. A cavidade está inserida em um afloramento de 4 m mais próximo do leito do rio Parnaíba, como um patamar antes da escarpa principal. Fonte: Spelayon, 2017.

A Caverna do Francisco está inserida na baixa vertente, em borda de drenagem, com a menor cota entre as cavidades analisadas. O levantamento altimétrico da entrada desta cavidade foi aferido pela empresa GEO3D – Engenharia de Mapeamento, através do método Relativo Estático Rápido. Como resultado, a Altura Ortométrica da Caverna do Francisco é 264,6 m. As outras 03 cavidades estão inseridas na alta vertente, próximo ao topo dos afloramentos residuais em que estão inseridas. A Caverna do Morcego Encantado se mostrou com a maior elevação, com mais de 300 m de altitude.

Com relação ao tipo de entrada, a Caverna do Francisco e a Caverna Lasca do Abrigo estão posicionadas em patamares no afloramento. Já a Caverna Morcego Encantado e a Caverna dá Pra Dormir se inserem na base dos afloramentos.



Foto 32: Entrada da Caverna do Francisco posicionada em patamar na escarpa. Fonte: Spelayon, 2017.



Foto 33: Entrada da Caverna Morcego Encantado na base da escarpa. Fonte: Spelayon, 2017.

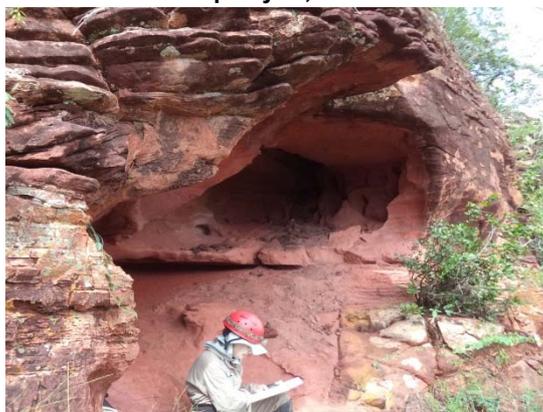


Foto 34: Entrada da Caverna dá Pra Dormir posicionada na base do afloramento. Fonte: Spelayon, 2017.

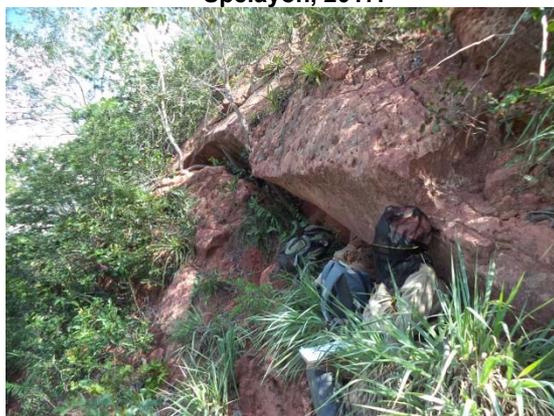


Foto 35: Entrada da Caverna Lasca do Abrigo posicionado em patamar do maciço. Fonte: Spelayon, 2017.

9.3 Litologia e estruturas

As cavidades analisadas se desenvolvem em rocha arenítica, subordinadamente conglomerática, fazendo parte do grupo de rochas siliciclásticas. A área em estudo está inserida no domínio da Formação Piauí, unidade estratigráfica pertencente ao Grupo Balsas. Na Figura 27 pode ser visualizada a localização das cavidades no mapa geológico da área.

A Caverna do Francisco está posicionada na cota mais baixa da área e nela afloram rochas que podem ser inseridas no início da sequência deposicional da Formação Piauí. O litotipo predominante no afloramento em que se insere a cavidade é um arenito de cor branca com tonalidades alaranjadas a avermelhadas por alteração de porções ricas em óxido de ferro. Ocorre uma lente de conglomerado interdigitada ao arenito que se inicia na base do afloramento. Pode ser observada uma variação de deposição, sendo que na base o conglomerado é clastosuportado com fragmentos subarredondados de tamanho que varia de seixo a grânulo, com composição polimítica e coloração escura. Ocorre um discreto nível de arenito conglomerático e novamente uma camada semelhante ao primeiro conglomerado. No nível de desenvolvimento da cavidade,

aflorando na parede mais ao sul do conduto e no teto, ocorre um conglomerado clastosuportado com fragmentos arredondados de tamanho que varia de bloco a matacão, com composição siliciclástica e coloração amarelada. A matriz é arenosa e ocorre em pouca quantidade com coloração rosada. Essa variação da granulometria da rocha reflete a variação do nível de energia do fluxo da água que depositou os sedimentos, na época de sua formação.

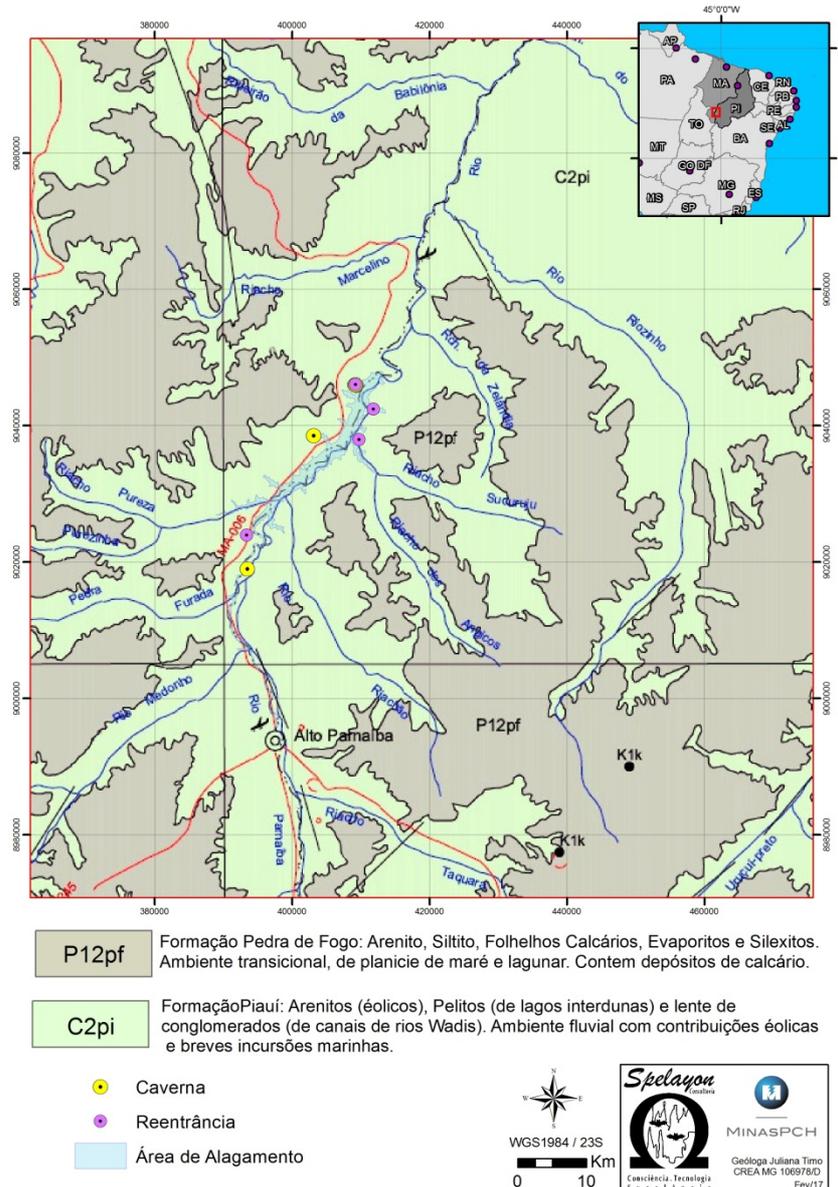


Figura 27: Mapa geológico da área, com a localização das cavidades. Modificado de Vasconcelos et al. (2004), referente à Carta Geológica do Brasil ao Milionésimo, convênio IBGE-ANEEL-CPRM, Folha SC.23 Rio São Francisco elaborada no datum SAD69.

Na parede mais ao norte do conduto da Caverna do Francisco e em parte do teto aflora um quartzito de cor branca e porções de tonalidade alaranjada a avermelhada que pode ser derivada do intemperismo de percolações de óxido de ferro. A rocha tem granulação fina e está bastante intemperizada. As porções onde ocorrem as concentrações de óxido de ferro são mais resistentes à erosão e ficaram preservadas pendentes em parte do

teto e paredes da cavidade, em detrimento do arenito que foi erodido com maior facilidade.

O contato entre o arenito e o conglomerado não tem uma superfície regular e está obliterado pelo intemperismo. Na região do contato também ocorre maior percolação do óxido de ferro. As fotos que seguem são referentes à Caverna do Francisco.



Foto 36: Variação entre um conglomerado de fragmentos tamanho seixo a grânulo com um arenito conglomerático. Fonte: Spelayon, 2017.



Foto 37: Conglomerado com fragmentos tamanho bloco a matacão que ocorre no interior da cavidade. Fonte: Spelayon, 2017.



Foto 38: Arenito de cor branca que é predominante no maciço. Fonte: Spelayon, 2017.



Foto 39: Porções preservadas que pendem do teto da caverna e pode ter origem na percolação de óxido de ferro na rocha. Fonte: Spelayon, 2017.

Na Caverna Lasca do Abrigo aflora um arenito de coloração rósea a amarelada, com alto grau de intemperismo. Os grãos de quartzo são finos a médios, subangulosos e foscos. Ocorre a presença de feldspato por vezes caulínico. Podem ser observadas estratificações cruzadas de grande porte.

Na Caverna dá Pra Dormir e na Caverna Morcego Encantado aflora um arenito róseo a esbranquiçado, alterado pelo grau de intemperismo, e com presença de feldspato. Os grãos de quartzo são finos a médios, subangulosos e foscos. Ocorrem níveis pelíticos intercalados aos estratos marcando a superfície de acamamento. Entre os estratos, o arenito apresenta estratificação cruzada e também marcas de onda.



Foto 40: Detalhe do arenito róseo de grãos finos a médios, na Caverna Lasca do Abrigo. Fonte: Spelayon, 2017.



Foto 41: Arenito com estratificação cruzada e nível pelítico entre os estratos do acamamento, na Caverna dá Pra Dormir. Fonte: Spelayon, 2017.



Foto 42: Arenito com estratificação cruzada na Caverna Morcego Encantado. Fonte: Spelayon, 2017.

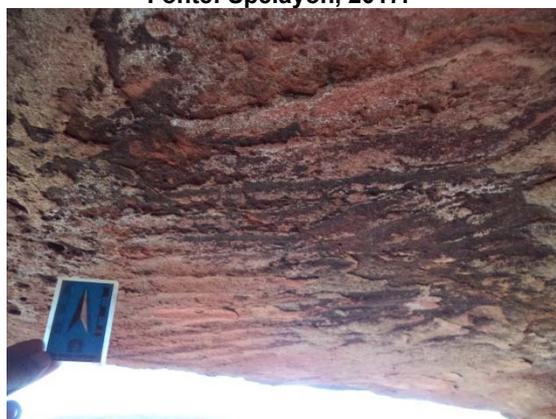


Foto 43: Arenito com marca de onda no teto da Caverna Morcego Encantado. Fonte: Spelayon, 2017.

Em todas as rochas observadas o acamamento se apresenta de forma subhorizontal. Na Caverna dá Pra Dormir a erosão diferencial entre os níveis pelíticos e areníticos é evidente na porção externa do afloramento.

O fraturamento das rochas é mais evidente na Caverna dá Pra Dormir e na Caverna Morcego Encantado. A família de fratura principal tem orientação NW-SE, com mergulho de médio a alto ângulo, voltado ora para NE e ora para SW. Outra família de fratura, de direção WNW-ESE, ocorre formando a escarpa do afloramento. Na Caverna Lasca do Abrigo a escarpa do afloramento acompanha a fratura de direção NW-SE.



Foto 44: Afloramento da Caverna dá Pra Dormir, onde pode ser visualizada a erosão diferencial ao longo dos planos de acamamento horizontal. Fonte: Spelayon, 2017.



Foto 45: Interior da Caverna Morcego encantado, onde se destacam os planos de fratura no afloramento de arenito. Fonte: Spelayon, 2017.



Foto 46: Escarpa do afloramento da Caverna Lasca do Abrigo acompanhando a direção de fraturamento. Fonte: Spelayon, 2017.

9.4 Recursos Hídricos

Foi avaliada a presença de corpos hídricos nas cavernas, além das águas de percolação e condensação, com o objetivo de determinar a dinâmica hidrológica. A maioria das cavidades analisadas está inserida na alta vertente dos afloramentos. Apenas a Caverna do Francisco pode ser considerada de baixa vertente, na margem do Rio Parnaíba. Entretanto, todas as cavidades se apresentam desconectadas do sistema de fluxo hídrico superficial ou subterrâneo.

Na entrada da Caverna dá Pra Dormir foram observados gotejamento e percolação na rocha, formando acúmulo de água em uma pequena depressão gerada pela erosão no arenito ocasionada pelos pingos d'água. É importante ressaltar que a visita ao campo foi realizada após uma noite chuvosa e no último mês de excedente hídrico e mesmo nestas condições essa feição mostrou efêmera.

Na Caverna do Francisco, de acordo com o morador do local, Sr. Francisco, a água do Rio Parnaíba pode chegar à boca da cavidade em períodos de intensa precipitação.



Foto 47: Acúmulo de água em depressões formadas pelo gotejamento localizado na Caverna Dá Pra Dormir. Fonte: Spelayon 2017.

9.5 Depósitos Sedimentares

Os sedimentos podem registrar informações importantes a respeito do processo de formação e evolução dos espaços subterrâneos. Depósitos sedimentares podem ser detríticos ou químicos.

Sedimentos detríticos são produtos da alteração de rocha pré-existente que sofreu transporte e posterior deposição. De acordo com a sua granulometria podem ser sedimentos finos, tamanho argila e/ou silte, sedimentos clásticos tamanho grânulos, seixos e/ou blocos e os fragmentos maiores são os matacões. Também podem ser classificados conforme sua natureza. Sedimentos autóctones foram formados dentro da cavidade e sedimentos alóctones foram formados fora da cavidade, mas sofreram transporte e deposição no interior.

Os **sedimentos químicos** também são chamados espeleotemas. São formados por processos de dissolução da rocha encaixante da cavidade e precipitação deste material no teto, piso e paredes. Os tipos de espeleotemas podem variar de acordo com o modo ocorrência da água no ambiente subterrâneo. Águas circulantes como gotejamentos e percolação, podem formar espeleotemas do tipo pingente, cortina, coluna, escorrimento, microtravertinos. A água estagnada pode gerar principalmente algumas crostas. Já a exsudação ou condensação de água nas paredes e teto podem formar principalmente os coralóides. Os espeleotemas ornamentam o espaço subterrâneo e fornecem a beleza cênica das cavidades.

9.5.1 Depósitos Clásticos

No conjunto de cavidades analisado, entre os sedimentos detríticos predominam os finos depositados no piso. Sedimentos finos, compostos por argila/silte e areia, ocorrem em maior quantidade no interior dos condutos de todas as cavidades. Grande parte desse sedimento fino tem origem autogênica, formado pela desagregação da rocha arenítica que se encontra bastante intemperizada. Blocos e matacões ocorrem

principalmente na entrada das cavidades e estão em depósito localizado descrito na Caverna Morcego Encantado. Esses fragmentos são angulosos e tem origem autogênica, formados pelo abatimento do afloramento em planos de fratura repetitivos na rocha.



Foto 48: Sedimento fino que predomina no piso da Caverna dá Pra Dormir. Fonte: Spelayon, 2017.



Foto 49: Depósito localizado de blocos e matacões em parte da entrada da Caverna Morcego Encantado. Fonte: Spelayon, 2017.

9.5.2 Depósitos Químicos

Não foram observados espeleotemas entre as cavernas analisadas.

9.6 Morfologia e Planimetria

A avaliação da planta baixa revela as pequenas dimensões das cavernas do conjunto estudado, quando comparado com as dimensões das cavidades encontradas na amostra regional. Entre as 04 cavernas analisadas, todas tiveram valores de projeção horizontal menor que 10 m. O menor valor de projeção horizontal é 2,22 m na Caverna Lasca do Abrigo. O maior valor de projeção horizontal é 6,48 m na Caverna do Francisco.

Devido às pequenas dimensões dos condutos, a classificação do padrão de desenvolvimento das cavernas fica dificultada. O padrão planimétrico do contorno da planta baixa da maioria das cavernas pode ser considerado globular, com apenas um salão inicial. A Caverna do Francisco tem um maior desenvolvimento e pode ser considerada com padrão planimétrico retilíneo.

As cavernas analisadas apresentam entrada em escarpa rochosa com altura da boca variando de 0,6 m, na Caverna Lasca do Abrigo, a 2,25 m na Caverna Morcego Encantado. Apresentam largura maior que a altura, com forma lenticular horizontal. Quanto à quantidade de bocas, todas apresentam apenas uma entrada.



Foto 50: Entrada da Caverna Morcego Encantado com mais de 2 m de altura. Fonte: Spelayon, 2017.



Foto 51: Entrada da Caverna do Francisco, com largura da entrada maior que a altura. Fonte: Spelayon, 2017.



Foto 52: Entrada da Caverna Lasca do Abrigo com largura maior que altura e formato lenticular. Fonte: Spelayon, 2017.

Todas as cavidades apresentam pequenas dimensões e apenas um nível de desenvolvimento. A Caverna Lasca do Abrigo apresenta teto baixo em toda extensão, com paredes largas, formando um pequeno salão com piso horizontal. A Caverna Morcego Encantado e Caverna dá Pra Dormir tem um salão inicial com teto mediano e forma um conduto preservado das condições externas. A Caverna do Francisco tem teto baixo de forma predominante, sendo que passa a mediano no final do conduto.



Foto 53: Caverna Lasca do Abrigo, com teto baixo em todo o seu pequeno desenvolvimento. Fonte: Spelayon, 2017.



Foto 54: Caverna Morcego Encantado, salão mais amplo na entrada e conduto de teto muito baixo. Fonte: Spelayon, 2017.



Foto 55: Conduto da Caverna do Francisco.
Fonte: Spelayon, 2017.



Foto 56: Conduto estreito na Caverna Dá Pra Dormir.
Fonte: Spelayon, 2017.

O piso das cavidades é em sua maioria horizontalizado, a levemente ascendente para o interior do conduto. Apenas a Caverna do Francisco apresenta o piso com alta inclinação ascendente para o interior do conduto. Esta característica possibilita a saída de sedimentos da cavidade para o meio externo, facilitando a ampliação do meio subterrâneo. As cavidades apresentam paredes e teto irregulares. A Caverna dá Pra Dormir apresenta parte das paredes lisa e com formas arredondadas, indicando a formação por erosão pela passagem constante de água.



Foto 57: Vista da Caverna dá Pra Dormir, com feições arredondadas.
Fonte: Spelayon, 2017.

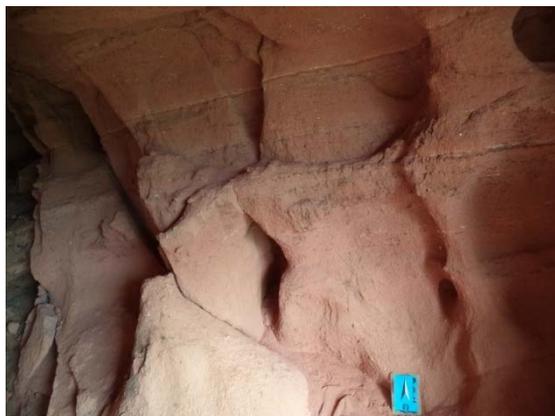


Foto 58: Parede da Caverna dá Pra Dormir com porções lisas e arredondadas.
Fonte: Spelayon, 2017.

A análise da morfologia do ambiente cavernícola pode indicar os processos geradores dos espaços subterrâneos. Vestígios dos agentes erosivos que atuaram para o desenvolvimento das cavernas são chamados estruturas espeleogenéticas.

As feições morfológicas observadas foram canalículo, alvéolo, pendente e patamar. Canalículos são feições bastante comuns, ocorrendo nas quatro cavernas analisadas, e podem aparecer na junção da parede com o piso, na parede e até no teto. Alguns condutos têm sua terminação na forma de **canalículos**, que são canais de pequenas dimensões que se desenvolvem para o interior da rocha. Estes canais transportam sedimentos finos da rocha para dentro das cavidades.

Patamares são formados por desnível abrupto seguido por superfície horizontalizada na parte superior. Essa diferença de nível gera alto gradiente hidráulico e consequente aumento da erosão. Foi observado patamar na Caverna Morcego Encantado e na Caverna do Francisco.

Os **alvéolos** são orifícios com forma arredondada e paredes lisas, possivelmente formadas devido a passagem constante de água. Os alvéolos ocorrem principalmente na Caverna Morcego Encantado e Caverna dá Pra Dormir. Ocorrem associados às estruturas de acamamento e fraturamento da rocha.

Pendentes foram observados na Caverna do Francisco. São porções de rocha que se pronunciam do teto. No caso observado, a porção da rocha preservada é mais resistente à erosão devido a ocorrência de óxido de ferro lixiviado da rocha. A presença dos pendentes indica o trabalho hidráulico de dentro para fora da caverna, que rebaixou o piso e os expuseram. Essa morfologia, apesar de peculiar nas cavernas estudadas, não apresenta excepcionalidade, seja geológica, geomorfológica ou mesmo espeleológica, pois não se trata de espeleotema. Essa característica não foi considerada significativa quanto à morfologia ou gênese do conduto.



Foto 59: Alvéolos registrados na Caverna da Pra Dormir. Fonte: Spelayon, 2017.



Foto 60: Pendentes resistentes à erosão preservados no teto da Caverna do Francisco. Fonte: Spelayon, 2017.



Foto 61: Canalículo observado na cavidade Morcego Encantado. Fonte: Spelayon, 2017.

9.7 Gênese das Cavidades

A água, tanto meteórica como vadosa e freática, é o fator condicionante na formação dos espaços subterrâneos em rochas areníticas. O processo pode se iniciar com uma lenta dissolução da sílica no contato entre os grãos de quartzo formando espaços vazios. Este processo teria atuado na interseção de fraturas com os planos de acamamento durante um prolongado período de estabilidade do nível de base e baixo gradiente freático. Posteriormente, um rebaixamento relativo do nível freático aumenta o gradiente e a velocidade do fluxo. Nesta fase condutos cilíndricos (pipes) são formados pela remoção mecânica de grãos de quartzo. Existem ainda os processos físicos de abatimento do afloramento devido a estruturação da rocha.

As cavernas analisadas apresentam vestígios da atuação da circulação da água na rocha sob condições freáticas. Na Caverna dá pra Dormir ocorrem feições como paredes lisas, depressões arredondadas, alvéolos, além de canaliculos circulares que aproveitam os planos de estruturação da rocha. Parte desses vestígios também é observada na Caverna Lasca do Abrigo e Caverna Morcego Encantado. Nesta última, o processo de abatimento de fragmentos do afloramento é intensificado pelo fraturamento da rocha. Atualmente as condições do vento também podem ser agente de ampliação dos condutos ou de formação de novas pequenas cavidades na escarpa do afloramento.

Na Caverna do Francisco a presença do conglomerado em contato com o arenito gerou uma superfície de maior facilidade para a circulação da água e o transporte mecânico dos grãos de quartzo. A alta inclinação do piso facilita a ampliação dos condutos por remoção dos fragmentos do interior.

10 CARACTERIZAÇÃO BIOESPELEOLÓGICA

Cavidades subterrâneas naturais estão inseridas, em sua grande maioria, em relevos rochosos e se formam a partir da dissolução lenta das rochas pela ação da água. Essa dissolução esculpe condutos ou galerias subterrâneas e várias feições internas, criando uma ampla diversidade de habitats e abrigo para a fauna, tanto de invertebrados como de vertebrados (CULVER 1982; CULVER & SKET, 2000; CULVER & PIPAN, 2009).

Esses espaços subterrâneos compartilham algumas propriedades físicas em comum, tais como: ausência completa de luz solar, umidade e temperatura constante, principalmente em áreas mais distantes da entrada. Nesse contexto, a temperatura é geralmente similar às médias anuais do meio externo circundante e a umidade elevada, podendo apresentar valores próximos à saturação (CULVER, 1982; CULVER & PIPAN, 2009). Desta forma, pode-se conceituar cavidades subterrâneas como aberturas naturais que ocorrem principalmente em rochas sólidas ou entre elas, e que algumas vezes apresentam áreas de escuridão completa, ambientalmente mais estáveis que o meio epígeo e maiores que alguns milímetros de diâmetro (CULVER & PIPAN, 2009).

O ambiente subterrâneo pode apresentar uma grande variedade de habitats para as comunidades faunísticas. Estes habitats podem ser representados por fraturas presentes na porção superficial do solo, que geralmente variam em profundidade, tamanho, extensão e conexões, até grandes espaços subterrâneos, onde o ser humano pode ser capaz de explorar. Tais elementos, que compõe os ambientes subterrâneos, são categorizados de forma simplificada na literatura como: meio endógeno, subterrâneo superficial, epicarste e hipógeo.

O **meio endógeno** são pequenos espaços intersticiais no solo, como fissuras e rachaduras, ocorrendo junto à rocha particulada (manto de alteração). Este pode ser o habitat de organismos de solo (edáficos), que acessam este meio de maneira ativa, escavando os sedimentos, ou percorrendo os microcanalículos formados por falhas na rocha (CULVER & PIPAN, 2009a).

O **meio subterrâneo superficial (MSS)** compreende espaços intermediários no solo, muitas vezes de até 10 cm. Este é um espaço de maior calibre que o meio endógeno, resultante de discontinuidades na rocha e ocorrido por fragmentação de rochas superficiais. Culver & Pipan (2009b; 2014) destacam que neste local pode ser encontrado a presença do ambiente Hypotelminoheic, que é caracterizado como o meio aquático presente no MSS, podendo percolar até porções mais profundas, chegando até as cavernas. Este movimento da água pode levar nutrientes do meio epígeo para o meio hipógeo, e servir de via de trânsito de organismos que circulam por todo o ambiente subterrâneo.

O **epicarste** (também conhecido como zona subcutânea terrestre) compreende o leito rochoso, que pode estar diretamente sob a superfície do solo ou exposto na superfície. Características de porosidade e permeabilidade são acentuadas próximas à superfície do que em profundidade. São compostos de lacunas geradas pela dissolução da rocha, e armazenam a água pluvial, que por infiltração atinge este ambiente. Esta água permanece armazenada por um período mais longo, geralmente sendo escoada de maneira lenta, e posteriormente atingindo porções mais profundas, podendo chegar às cavernas (WILLIAMS, 2008; CULVER & PIPAN, 2009a).

O **meio hipógeo** representa as grandes lacunas sob a região epicárstica, resultantes do processo de dissolução e intemperismo na rocha. São denominadas macrocavernas ou simplesmente cavernas, capazes de acomodar uma pessoa, e servindo assim de um caminho para que possamos interagir diretamente com o meio subterrâneo (SENDRA et al., 2014).

Ao contrário da maioria dos ecossistemas epígeos (meio externo ou superficial), as plantas não se desenvolvem no interior das cavernas devido a permanente ausência de luz solar (CULVER 1982; CULVER & PIPAN, 2009). Sendo assim, os únicos produtores primários, que podem ser encontrados, são algumas espécies de bactérias quimioautotróficas, que usam principalmente ferro ou enxofre para se desenvolver (SARBU et al., 1996). Em alguns casos, a produção gerada pela fotossíntese pode chegar até o interior das cavernas, mas de forma indireta, através de raízes que penetram no sistema cavernícola, podendo ser encontradas no piso e nas paredes das cavidades (JASINSKAET al., 1996; SOUZA-SILVA et al, 2007).

Desta forma, os recursos tróficos presentes nas cavidades subterrâneas são, principalmente, de origem alóctone, ou seja, estão presentes primariamente no ambiente externo circundante e são transportados para o interior dos habitats subterrâneos por agentes físicos e biológicos (CULVER, 1982; EDINGTON, 1984; GNASPINI-NETO, 1989; FERREIRA & MARTINS, 1999). Estes recursos compreendem matéria orgânica particulada de restos de animais (carcaças de animais do meio externo) e vegetal (pedaços de madeira, galhos, folhas). Dentre os agentes físicos que transportam matéria orgânica destacam-se os rios, enxurradas e água de percolação presente no teto ou em paredes das cavidades (GILBERT et al., 1994; JUBERTHIE & DECU, 1994; SOUZA-SILVA et al, 2007). A veiculação biológica é feita principalmente por animais que transitam nas cavidades (e.g. morcegos, aves). Além disso, as carcaças e fezes destes animais podem ser importantes fontes de recursos alimentares, especialmente em cavernas permanentemente secas (GILBERT et al., 1994; JUBERTHIE & DECU, 1994; FERREIRA & MARTINS, 1999). Tais recursos são capazes

de manter populações de organismos de todos os níveis tróficos no interior dos sistemas subterrâneos (FERREIRA & MARTINS, 1999; TRAJANO, 2000).

As características do ambiente cavernícola exercem uma forte pressão seletiva sobre as espécies que tentam colonizar as cavidades, podendo funcionar como uma barreira para os organismos que não apresentam nenhum tipo de pré-adaptação para estabelecer populações viáveis sob estas condições. Desta forma, muitos organismos que vivem em cavidades subterrâneas apresentam especializações que os permitem sobreviver às limitações físicas e a pouca disponibilidade de recursos alimentares que existem nesses ambientes (CULVER, 1982; CULVER & WHITE, 2005).

As espécies que usam o ambiente cavernícola podem ser classificadas como **troglóxenas, troglófilas ou troglóbias**, de acordo com seu grau de dependência e tolerância em relação ao ambiente subterrâneo (HOLSINGER & CULVER, 1988, modificado do sistema Schinner–Racovitza). As **espécies troglóxenas** utilizam as cavidades como abrigo, mas precisam sair regularmente em busca de alimento, e algumas vezes para completar seu ciclo de vida. As **espécies troglófilas** são capazes de completar seu ciclo de vida tanto no meio subterrâneo como no meio epígeo, onde geralmente se abrigam em locais úmidos e sombreados. E as **espécies troglóbias**, são aquelas restritas ao ambiente cavernícola, podendo apresentar especializações morfológicas (anoftalmia, despigmentação, alongamento de apêndices e potencialização de estruturas sensoriais), fisiológicas ou comportamentais ligadas à evolução no ambiente subterrâneo.

Uma quarta categoria, não mencionada no sistema Schiner-Racovitza, são os **indivíduos acidentais**. Organismos acidentais podem penetrar nas cavidades de forma ativa, através do acesso principal ou por quedas em entradas verticais, onde não conseguem sair. Também podem colonizar as cavidades de forma passiva, sendo carregados pelo vento ou água. Estes organismos apresentam uma importância fundamental para o ambiente subterrâneo, pois suas fezes e cadáveres servem de alimento para outros organismos que vivem nestes ambientes (ZAMPAULO, 2010).

A presença e distribuição da fauna subterrânea no ambiente subterrâneo são condicionadas por fatores ambientais como umidade, temperatura e luminosidade, além da morfologia dos condutos e dimensão das cavernas (CULVER, 1982). Devido à variação destes fatores, é possível dividir as cavidades naturais (macro cavidades) em três zonas ambientais distintas: '**zona de entrada - eufótica**' (que está mais exposta às variações externas de fatores ambientais e recebe influência direta de luz solar), '**zona de penumbra - disfótica**' (cuja incidência de luz ocorre de forma indireta; e as flutuações de temperatura e umidade são menores quando comparadas às zonas de entrada), '**zona afótica**' (a variação da amplitude térmica é bem menor e a ausência de

luz impede o desenvolvimento de organismos fotossintetizantes) (CULVER & WHITE, 2012). Devido a esta estratificação de zonas, podem ser observadas diferenças na distribuição de alguns organismos no interior das cavernas. Os indivíduos que possuem maior dependência da luz podem ser mais encontrados nas zonas próximas à entrada, já organismos que utilizam formas diferentes da visão para se localizar e sobreviver, e assim não são dependentes diretos da luz, podem ser encontrados em locais mais profundos (CULVER & PIPAN, 2009a).

A distribuição dos organismos no interior das cavernas também pode ser influenciada pela presença de recursos alimentares (POULSON & WHITE 1969). O tipo e a qualidade do recurso e a forma de disseminação no sistema são determinantes importantes da composição e abundância da fauna cavernícola (FERREIRA, 2004).

Além de apresentar uma biodiversidade única, com alto grau de endemismo (CULVER 1982; SKET 1999, CHRISTMAN et al 2005 GALÃO & BICHUETTE, 2015; SOUZA-SILVA & FERREIRA, 2016; TRAJANO et al., 2016), os ambientes subterrâneos podem ser extremamente importantes para garantir a manutenção dos ecossistemas onde estão inseridos. As drenagens subterrâneas da água podem ser essenciais para manter o regime hídrico do meio externo. E as cavernas podem abrigar espécies que realizam serviços ecológicos no meio circundante (e.g. morcegos polinizadores, dispersores de sementes e predadores de pragas agrícolas) (ELLIOT, 2000; FERREIRA & MARTINS, 2001).

A preocupação sobre a conservação dos ambientes subterrâneos tem levado os órgãos competentes e pesquisadores a trabalharem e discutirem melhores formas de conciliar o desenvolvimento econômico com a preservação do patrimônio físico e biológico, presente em áreas cársticas ou pseudo-cársticas. Assim, estudos com a intenção de entender e determinar a área de influência de cavidades (DUTRA et al., 2015), trabalhos que venham a aperfeiçoar a legislação atual (JAFFÉ et al., 2016), e determinações sobre “hotspots” de diversidade (GALÃO & BICHUETTE, 2015; SOUZA-SILVA & FERREIRA, 2016; TRAJANO et al., 2016), tem sido publicados com mais frequência, e em algumas situações, são solicitados para o empreendedor privado como medida preventiva e de compensação a determinados empreendimentos a preservação de determinadas áreas chaves para a manutenção da biodiversidade subterrânea.

Entretanto estudos relacionados à Bioespeleologia no Brasil ainda são escassos, e só foram realizados de forma sistematizada a partir de meados da década de 80 (e.g. DESSEN et al 1980, TRAJANO 1987, GNASPINI 1989, TRAJANO & GNASPINI-NETO 1990). Mesmo havendo uma deficiência em estudos sobre a fauna subterrânea, o Brasil ainda configura como o país que apresenta o maior número de trabalhos e

pesquisadores atuando na área dentro da América Latina, sendo de grande importância também no contexto mundial (TRAJANO & BICHUETTE, 2006).

10.1 Objetivos

10.1.1 Objetivo geral

O objetivo do presente estudo é apresentar o diagnóstico bioespeleológico e a relevância biótica de 04 (quatro) cavidades localizadas na área de estudo da UHE Canto do Rio, por meio da metodologia proposta no Decreto Federal nº 6.640, de 07 de novembro de 2008 e na Instrução Normativa MMA nº 02, de 20 de agosto de 2009 (IN MMA nº 02/2009).

10.1.2 Objetivos específicos

Compõe os objetivos específicos do levantamento:

- Apresentar uma listagem de espécies de vertebrados e invertebrados nas 04 (quatro) cavidades localizadas na área da UHE Canto do Rio;
- Descrever quais são os recursos orgânicos encontrados no interior das quatro cavidades;
- Descrever características ecológicas relevantes e que contribuam para o entendimento das cavernas presentes na região estudada, de forma a corroborar à análise de relevância das cavidades estudadas.

10.2 Método

10.2.1 Coleta de dados

O inventário bioespeleológico foi realizado em 04 (quatro) cavidades subterrâneas localizadas na área do projeto UHE Canto do Rio. O diagnóstico faunístico foi realizado com intuito de analisar a relevância bioespeleológica das cavidades e contou com duas coletas. A primeira campanha foi realizada na estação chuvosa, no período de 28 a 31 de março. Já a segunda campanha, representativa da estação seca, foi realizada no período de 02 a 05 de agosto de 2017 (Tabela 9). Os levantamentos e estudos foram realizados em observância à Autorização de Captura, Coleta e Transporte de Material Biológico nº 801/2017, referente ao processo IBAMA nº 02001.006384/2011-51.

Tabela 9: Datas referentes à campanha de campo nas cavidades estudadas.

Campanha de Campo – Coleta Bioespeleológica		
Cavidade	Estação Chuvosa	Estação Seca
Cav. Dá Pra Dormir	28/03/2017	05/08/2017
Cav. Morcego Encantado	28/03/2017	05/08/2017
Cav. Francisco	29/03/2017	02/08/2017
Cav. Lasca do Abrigo	29/03/2017	04/08/2017

10.2.1.1 Invertebrados

Coleta ativa

Para o levantamento dos invertebrados foi utilizado o método de **busca ativa** (FERREIRA, 2004; SOUZA-SILVA et al. 2011; ZAMPAULO, 2010; SIMÕES et al., 2014). Este procedimento envolve uma busca exaustiva por espécies em toda a cavidade, tanto no piso como nas paredes, dedicando atenção especial a micro-habitats e recursos encontrados no interior do sistema hipógeo (por exemplo: banco de sedimento, carcaças, depósitos de guano, fezes, detritos vegetais, raízes e poças). Durante a busca ativa, a coleta dos organismos encontrados foi realizada manualmente, com auxílio de pincel e pinças, sendo todos os espécimes capturados acondicionados em frascos contendo álcool 99%. Anotações adicionais sobre a biologia dos organismos e interações ecológicas observadas durante o levantamento faunístico, além de sua localização no sistema hipógeo (zona de entrada ou eufótica, penumbra ou disfótica e afótica), foram feitas em ficha padronizada. O tempo de coleta variou de acordo com o tamanho, quantidade e variedade de substratos orgânicos e inorgânicos presentes nas cavidades, sendo que foram observadas as orientações da licença de coleta.

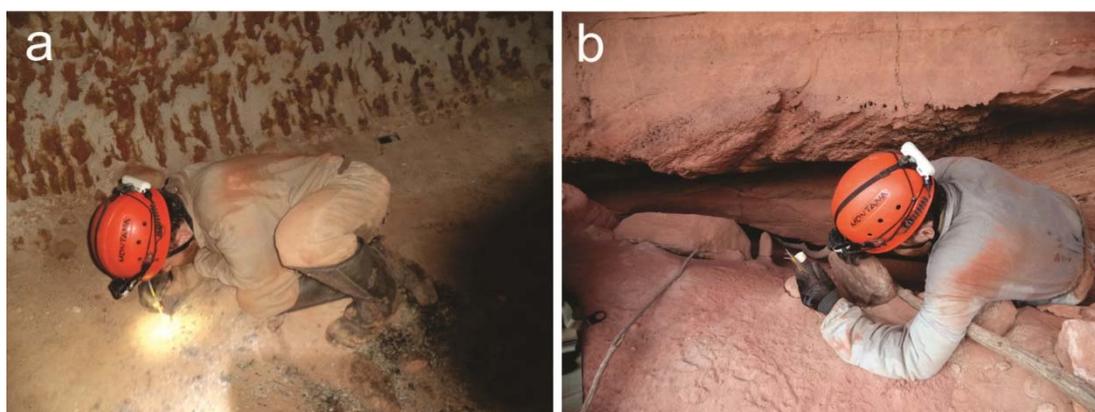


Figura 28: Metodologia de busca ativa nas cavidades do projeto. a) Cavidade Francisco e b) Cavidade Morcego Encantado.

A contabilização das espécies foi feita mediante observação *in loco* nas cavidades, com registro fotográfico para as espécies cuja classificação e raridade não justificassem a coleta, evitando alteração populacional nas comunidades. A coleta manual foi realizada onde a classificação não pôde ser realizada previamente em campo, considerando-se

a fragilidade das populações e das comunidades dos ambientes cavernícolas (IN-IBAMA nº. 02, 2011).

10.2.1.2 Vertebrados

Para a amostragem da **quiropterofauna** foi definido como método de coleta a busca ativa, com utilização de puçá para as capturas. Desta forma, as inspeções foram realizadas durante o período diurno. As datas de coleta em cada cavidade estão detalhadas na Tabela 9 no tópico 10.2.1. O esforço de captura empregado (tempo de utilização do puçá) variou conforme alguns aspectos como:

- (i) presença ou ausência dos animais na cavidade;
- (ii) número de espécies observadas;
- (iii) abundância dos indivíduos encontrados e
- (iv) ao sucesso de captura.

A coleta e o transporte dos animais só acontece para aqueles que apresentaram dificuldades de identificação *in loco*, que não sejam de conhecimento do pesquisador e que necessite de análises laboratoriais e de comparação com exemplares em Coleções Científicas. Indivíduos comuns e já conhecidos são devidamente identificados, pesados, medidos e fotografados, em seguida, soltos no mesmo local.

Aqueles organismos coletados são devidamente transportados em sacos de pano com o máximo de cuidado possível a fim de evitar que sofram qualquer lesão ou até mesmo venham a óbito.

A eutanásia acontece em um local devidamente apropriado, dentro das condições mínimas de conforto para o pesquisador (iluminação adequada, instrumentos esterilizados, mesa e demais equipamentos necessários). Tal procedimento é realizado pelo biólogo responsável pelo grupo de vertebrados, Thiago dos Santos.

Em atendimento às metodologias de eutanásia dispostas que estejam em comum acordo entre a Resolução nº 1000, de 11 de maio de 2012 do Conselho Federal de Medicina Veterinária – CFMV e a Resolução nº 301, 08 de dezembro de 2012 do Conselho Federal de Biologia –CFBio, nos estudos realizados pela Spelayon Consultoria é utilizado como método de eutanásia a técnica de injeção intraperitoneal de anestésicos em superdosagens, na qual ocorre a aplicação de Cetamina em associação com miorrelexantes de ação central (cloridrato de xilazina) nos organismos.

Situações especiais, em que a Cetamina e associações não apresente o efeito esperado, é empregada a aplicação de Barbitúricos (Pentobarbital ou Tiopentato de sódio) mantendo a mesma técnica de injeção intraperitoneal em superdosagem.

Acredita-se que a utilização dos métodos acima causaria menor dor e estresse aos animais capturados.

Após confirmado o óbito, os animais são fixados em formaldeído a 10° e mantidos por um período de 72 horas em meio líquido de formaldeído a 10°. Passado este período, os exemplares serão conservados em meio líquido de álcool 70°. Todo material coletado e devidamente fixado é encaminhado ao Laboratório de Mastofauna da Universidade Federal de Minas Gerais – UFMG.

O levantamento da **anurofauna** foi realizado com base em duas metodologias amplamente utilizadas, descritas em Heyer et al (1994). De acordo com o método de censo por encontros visuais, realiza-se uma busca ativa por ninhos de espuma, girinos, jovens e adultos em todos os microambientes potencialmente ocupados por esses animais dentro de cavidades naturais. Tal metodologia foi aplicada durante a permanência no interior da cavidade, nos microambientes que ainda possuíam recursos hídricos e em toda a cavidade.

A segunda metodologia utilizada, denominada de método das transecções auditivas (Audio Strip Transect – AST), é para a realização do registro das espécies em atividade de vocalização. A nomenclatura e a classificação das espécies serão baseadas em Frost et al (2006) e Faivovich et al (2005).

A amostragem de répteis foi realizada através da metodologia de procura ativa dos animais, sendo que as cavidades foram percorridas de forma sistemática em toda a sua extensão.

10.2.1.3 Caracterização física das cavidades

Para caracterização abiótica e biótica do ambiente cavernícola foram realizadas anotações referentes à temperatura e umidade, condições de luminosidade (tipos de zonações), presença e o tipo de substratos orgânicos observados, presença ou ausência de corpos d'água, e qualquer outra informação ecologicamente relevante sobre o sistema em estudo.

O registro da temperatura e umidade relativa do ar do interior das cavidades estudadas foi feito através do uso de termohigrômetro digital da marca INSTRUTEMP modelo ITHT 2200, com resolução de temperatura de 0,1° C e precisão de +/-1,0° C. Para que fossem feitas as medidas, o aparelho era posicionado no interior da cavidade (na porção mais distante da entrada), e deixado no mesmo local até o final das coletas de invertebrados. Ao final os valores obtidos foram anotados em uma ficha junto com outras características da cavidade.

Cada cavidade foi compartimentada em porções através da divisão em zonas de luminosidade, sendo possível no máximo 3 áreas, zona fótica (localizada sempre

próxima de entradas), penumbra (disfótica, incidência indireta de luz solar) e afótica (completa ausência de luz solar, geralmente posicionada em porções mais profundas, e/ou isoladas da cavidade) (Barr, 1967; Culver, 1982; Poulson & White, 1969). Este critério de zonação foi utilizado para a caracterização da cavidade estudada, bem como fonte adicional de informação para os espécimes de vertebrados e invertebrados observados.

Para que fosse possível determinar essas zonações de luminosidade foi utilizada a acurácia visual do observador que avaliou a incidência de luz em vários pontos dos condutos, ao longo do desenvolvimento da cavidade. O resultado da avaliação do observador foi semelhante aos dados registrados pelo luxímetro, conforme apresentado no Capítulo 7. Esta avaliação é realizada durante todas as visitas às cavidades (período chuvoso e seco) com o intuito de minimizar as variações ocasionadas por período do dia e condições meteorológicas.

Para a classificação dos substratos orgânicos foi utilizado a orientação conforme é apresentada na Instrução Normativa Nº 02 do Ministério do Meio Ambiente, de 20 de agosto de 2009 (MMA, 2009). Assim, os substratos orgânicos encontrados dentro das cavidades inventariadas foram quantificados e classificados em sete tipos: “Material vegetal”, “Detritos”, “Raízes”, “Guano”, “Carcaças”, “Fezes de vertebrados não voadores” e “Bolotas de regurgitação”.

10.2.2 Identificações das espécies

Todo o material coletado durante as atividades de campo foi pré-triado e identificado no laboratório da Empresa Spelayon, pela equipe técnica responsável. Posteriormente, tais espécimes foram encaminhados a especialistas, para que fossem feitos os refinamentos taxonômicos de alguns grupos, bem como para análise de possíveis endemismos e troglomorfismos. Em seguida os invertebrados serão encaminhados para depósito no laboratório da Universidade Federal de Lavras – UFLA, salvo algumas exceções especificadas listadas na Tabela 10.

As espécies de quirópteros coletados no estudo foram depositadas na Universidade Federal de Minas Gerais – UFMG.

Tabela 10: Instituições depositárias de material biológico.

Classe/Ordem	Instituição Depositária
Acari	Universidade Federal de Lavras - UFLA
Araneae	Instituto Butantan
Chiroptera	Universidade Federal de Minas Gerais – UFMG
Coleoptera	Universidade Federal de Lavras - UFLA
Collembola	Universidade Federal de Lavras - UFLA
Diptera	Universidade Federal de Lavras - UFLA
Hymenoptera	Universidade Federal de Lavras - UFLA

Classe/Ordem	Instituição Depositária
Isoptera	Universidade Federal de Lavras - UFLA
Neuroptera	Universidade Federal de Lavras - UFLA
Orthoptera	Universidade Federal de Lavras - UFLA
Pseudoscorpiones	Universidade Federal de Lavras - UFLA
Psocoptera	Universidade Federal de Lavras - UFLA

10.2.3 Troglóbios e Troglomorfismos

Vale ressaltar que no Brasil o estudo a respeito da evolução de espécies troglóbias ainda é bastante incipiente, e muitas vezes as listas de espécies podem ser alteradas mesmo após o estudo criterioso feito por especialista. Isto ocorre para muitos grupos que ainda não se tem conhecimento suficiente de quais são as características tipicamente troglomórficas, e também não se conhecem as espécies epígeas com características endogeomórficas. Devido a esses fatores, deve-se adotar extrema cautela no estudo de organismos que apresentaram algum tipo de troglomorfismo, pois espécies epígeas endogeomórficas podem apresentar redução na pigmentação e anoftalmia, assemelhando-se a algumas espécies troglóbias.

Assim, foram considerados neste estudo como característica de troglomorfismo, caracteres de alteração morfológica já apresentada pela ciência como resultado de pressões ambientais seletivas ao meio subterrâneo. Dentre elas, a despigmentação melânica, os alongamentos dos apêndices e a redução ou ausência de estruturas oftálmicas são as mais comuns e são denominadas troglomorfismos clássicos (CULVER & WHITE, 2012). Outras modificações morfológicas, fisiológicas e comportamentais também podem ser observadas entre os troglóbios como, melhoria dos sistemas de orientação não visual, procura de alimento, comunicação e a adaptação à disponibilidade limitada de recursos alimentares (CULVER & WHITE, 2005; KLAUS et al., 2013). Diversas hipóteses tentam explicar o surgimento de organismos troglóbios como, por exemplo, seleção natural, seleção neutra, dispersão, vicariância até regressões evolutivas durante o processo de evolução das espécies têm sido propostas, mas estes estudos ainda estão longe de chegar a uma conclusão definitiva e consensual (FERREIRA, 2004; CULVER & PIPAN, 2009).

Infelizmente, principalmente entre as regiões tropicais, o conhecimento sobre a fauna e evolução das espécies tanto cavernícolas como pertencentes ao meio externo ainda é incipiente, tornando a classificação de um troglóbio (somente com base em sua morfologia) um método impreciso, uma vez que, os caracteres troglomórficos são utilizados em comparação com os caracteres morfológicos encontrados nos parentes filogenéticos mais próximos que habitam o meio epígeno e é possível que esses organismos possam apresentar características similares às dos troglóbios ou, ao contrário, organismos troglóbios possam não apresentar troglomorfismos clássicos

evidentes (FERREIRA, 2004). Dessa forma é estritamente necessário o apoio de um especialista (Tabela 11).

Tabela 11: Taxonomistas, especialistas em cada grupo de organismos.

Grupo	Taxonomista	Instituição Depositária
Acari	Leopoldo F O Bernardi	UFLA
Araneae	Antônio Domingos Brescovit e Igor Cizaukas	Butantan
Coleoptera	Marco Túlio Magalhães Souza - Laboratório Spelayon	UFLA
Collembola	Leopoldo F O Bernardi	UFLA
Diptera	Elmir Lúcio Borges Filho - Laboratório Spelayon	UFLA
Hemiptera	Elmir Lúcio Borges Filho - Laboratório Spelayon	UFLA
Hymenoptera	Elmir Lúcio Borges Filho - Laboratório Spelayon	UFLA
Orthoptera	Marco Túlio Magalhães Souza - Laboratório Spelayon	UFLA
Psocoptera	Marco Túlio Magalhães Souza - Laboratório Spelayon	UFLA
Pseudoscorpiones	Marco Túlio Magalhães Souza - Laboratório Spealyon	UFLA

10.2.4 Raridade

O valor que se atribui ao raro não é muito diferente do conceito econômico de “bem escasso” (RABINOWITZ, 1986). Entretanto, para a Biologia da conservação, o conceito de raridade é apenas útil na medida em que se forneça uma aproximação do grau de vulnerabilidade ou ameaça da espécie a processos de extinção (RABINOWITZ, 1986; ARITA, 1993). Desta forma, o conceito de raridade considerado, unicamente, pela extensão da distribuição geográfica, é insípido, pois, uma espécie pode ter uma distribuição mundial confinada a uma área restrita e ser bastante abundante e plástica no que concerne a utilização do seu habitat. Rabinowitz (1981) esquematiza sete combinações de formas de raridade em função da extensão da distribuição geográfica (restrita ou alargada), dimensão da população (pequena ou grande) e especificidade no uso do habitat (especialista ou generalista).

Entretanto para determinar a raridade de uma espécie é necessário o conhecimento da espécie e diretamente sua distribuição. Uma espécie pouco conhecida ou ainda não descrita estará diretamente definida por pouca distribuição ou distribuição restrita. Assim, será dada como rara. O Brasil com sua grande extensão territorial e variedade de biomas, é considerado o país com maior diversidade de invertebrados do mundo (RAFAEL et al, 2012). Os estudos sobre entomofauna no Brasil vêm desde o período colonial, entretanto algumas ordens de invertebrados jamais tiveram pesquisadores brasileiros as investigando e outras ordens apenas começaram a ser pesquisadas recentemente (RAFAEL et al, 2012). Com todos estes fatos definir a identidade de organismos invertebrados ainda é precário e, portanto determinar a sua distribuição fica concentrado em poucos estudos e restritos a algumas regiões do país.

De acordo com a IN MMA nº02/2009 a determinação de espécie rara é dada por:

“Ocorrência de organismos representantes de espécies cavernícolas não troglóbias com distribuição geográfica restrita e pouco abundante.”

Assim, neste estudo, a determinação quanto à raridade e endemismo será feita em conjunto com os especialistas. Essa associação é essencial para minimizar as chances de erros, já que os dados de descrições de espécies encontradas em cavernas brasileiras ainda são escassos e a maior parte das informações ainda não foi publicada. Sendo assim, os profissionais podem realizar uma análise comparativa dos organismos com espécies epígeas, dando maior confiabilidade aos resultados. Os taxonomistas que auxiliaram no presente projeto e o respectivo grupo estão relacionados na Tabela 11.

10.2.5 Troglóbios raros

Segundo a IN MMA nº02/2009, é determinado como troglóbio raro:

“Espécie troglóbia que apresente número reduzido de indivíduos, ou de distribuição geográfica restrita.”

A classificação dos organismos troglóbios neste requisito é realizada de maneira mais simplificada, quando este já se encontra descrito formalmente, onde assim sabe-se com certo nível de confiança os registros de distribuição geográfica, e assim consequentemente, pode-se analisar a sua restrição.

Entretanto, o quadro se complica em relação aos organismos troglóbios ainda não descritos formalmente pela ciência, onde apenas sob a alcunha de morfótipos, frequentemente não se tem a real clareza de sua distribuição. Tornando assim esta determinação necessária de pareamento com os demais organismos ainda não descritos do mesmo grupo para verificar sua ocorrência em demais localidades.

Em detrimento destas dificuldades de se determinar a real raridade de um organismo troglóbio, em 2011 o Instituto do Carste realizou um workshop para tratar sobre este complexo tema. Deste evento resultou um documento onde foram apresentadas algumas resoluções para nortear esta classificação. Foi determinado que:

“(...) deve ser considerada rara a espécie troglóbia com um exemplar por cavidade amostrada, não importando o número de cavidades em que ocorram independentemente da distribuição geográfica. No entanto, é esperada a tendência de abundância ser maior que um indivíduo por cavidade quanto maior o número de cavidades amostradas, descaracterizando a raridade.”

Desta forma organismos com poucos registros necessitam de maior esforço em coleta para certificar sobre esta pequena população, que lhe atribuiria o grau de troglóbio raro.

Outro ponto abordado no Workshop Troglóbios Raros (Instituto do Carste, 2011) referente à abundância destes organismos troglóbios:

“Levando em consideração o atributo de distribuição geográfica, foi sugerido que espécie troglóbia encontrada em até três cavidades seja considerada rara. Caso seja encontrada em mais de três cavidades, sendo estas inseridas em um sistema subterrâneo contínuo em um raio de 500 m, também deve entrar no status de troglóbio raro, pois existe comunicação viável entre os canalículos.”

Desta forma foram tomadas tais diretrizes, onde um troglóbio registrado em até 3 cavidades, ou que, as cavidades onde este fora registrado estejam em um raio de 500 m, fica classificado como “troglóbio raro”. Logo troglóbios registrados em mais de três cavidades, cuja localização destas esteja além dos 500 m de raio entre si, não fica classificado como “troglóbio raro”.

Tais determinações são muito similares a possíveis determinações de endemismo, uma vez que a métrica não está bem determinada na atual IN MMA n°02/2009. Assim sem a diretriz para avaliar endemismo sob enfoque da unidade geomorfológica ou unidade espeleológica até mesmo em nível do território nacional, neste presente trabalho considerou-se como endêmico o organismo que respondesse a esta distribuição supracitada, determinações estas que também confere o grau de raridade, portanto neste presente trabalho todo organismo troglóbio endêmico é raro.

As distribuições dos organismos troglóbios fora da área do empreendimento são coletadas junto aos especialistas, visto seu conhecimento profundo no grupo em questão, e informações do banco de dados na coleção zoológica de referência.

10.2.6 Vertebrados

Conforme determinado na IN MMA n°02/2009, é considerado como atributos para configurar “espécie com função ecológica importante”:

“Presença de populações estabelecidas de espécies com função ecológica importante (polinizadores, dispersores de sementes e morcegos insetívoros) que possuam relação significativa com a cavidade.”

Não são contemplados invertebrados neste atributo, pela impossibilidade de se definir o nicho de atuação como polinizador, dado o esforço amostral e escopo da presente atividade de levantamento bioespeleológico.

Para calcular a taxa de ocupação, é levado em consideração o número de cavernas do estudo e o número de cavernas em que foram encontrados vertebrados ou seus vestígios. O número de cavernas com registros de vertebrados é dividido pelo número total de cavernas, resultando assim na porcentagem de ocupação das cavidades do estudo.

Para determinar se a cavidade possui população residente de quirópteros, verifica-se a ocorrência de registros da mesma espécie em ambos os episódios de amostragem em conjunto com registros que evidenciem um uso contínuo de morcegos, como grande quantidade de guano, a fim de comprovar a fidelidade das espécies com a cavidade. Sendo assim, cavidades com registros apenas em uma campanha não foram determinadas como “presença de população residente de quirópteros” e cavidades que apresentaram a mesma espécie em duas amostragens podem não ser contemplada neste quesito (devido à ausência de indícios que comprovassem o uso contínuo).

10.2.7 Animais em risco de extinção

Para responder a esta determinação dada pela IN MMA n°02/2009, foi utilizada a lista de espécies ameaçadas:

- Portaria n° 444, de 17 de dezembro de 2014 (MMA, 2014);

10.2.8 Análise de relevância

Conforme determina a IN MMA n°02/2009 em seu Artigo 16 no parágrafo 5º, “*As variáveis dos atributos riqueza de espécies e abundância relativa de espécies deverão ser definidas comparando-se com outras cavidades da mesma litologia sob enfoque local*”. Desta forma, foram consideradas como amostra local para fins de análises as 4 (quatro) cavidades do presente estudo.

10.2.9 Riqueza

A análise de riqueza de espécies foi calculada utilizando as 4 (quatro) cavidades deste projeto. A riqueza total, presente em cada cavidade, foi obtida contabilizando o número total de morfoespécies de vertebrados e invertebrados coletados e observados durante as amostragens de campo, tal como descrito no método. Valores de média e desvio-padrão foram utilizados para classificar a riqueza em alta, média ou baixa. Cavidades cuja riqueza esteja acima do cálculo “média + desvio padrão” foram classificadas como “alta”; cavidades cuja riqueza de espécies esteja abaixo do cálculo “média - desvio padrão” foram classificadas como “baixa”; e cavidades cujo valor da riqueza esteve dentro da amplitude “média e desvio padrão” foram classificadas como “média” no atributo de “riqueza de espécies”.

10.2.10 Abundância relativa

Como apresentado na análise de “riqueza”, foram consideradas como amostra local as 4 (quatro) cavidades deste projeto. O cálculo de abundância relativa foi realizado considerando espécies de vertebrados e de invertebrados com adultos de tamanho corporal igual ou maior que 1 cm (IN MMA n°02/2009). Para a definição do tamanho corporal dos invertebrados foram considerados apenas os segmentos da cabeça, tórax

(ou cefalotórax) e abdômen, excluindo todos os apêndices como: antenas, pernas, cercos e asas.

Os cálculos de média e desvio padrão foram feitos como descrito para o Item “10.2.9”. Entretanto, de acordo com a IN MMA n°02/2009, para se considerar uma cavidade na categoria “Alta”, 30% ou mais das populações utilizadas no cálculo tem que apresentar valores de abundância superiores à média + desvio padrão. A cavidade se enquadra na categoria “Baixa”, quando menos de 10% das populações apresenta abundância com valores superiores à média + desvio padrão. Devido a um equívoco presente na IN MMA n°02/2009 não estão contemplados os valores na faixa de 21% a 29%, mas neste estudo foram categorizadas como “Média” as cavidades que apresentaram de 10 a 29% de populações com valores de abundância superiores a média + desvio padrão. Para o atributo de “Abundância”, todas as comparações são feitas entre populações de uma mesma espécie, localizada em cavidades distintas.

Devido à impossibilidade de se definir quais organismos utilizam a cavidade sistematicamente ou apenas para completar um ciclo de seu desenvolvimento, separando-os dos indivíduos acidentais, todos os indivíduos com apenas uma ocorrência foram considerados com abundância alta.

10.3 Resultados e Discussão

10.3.1 Caracterização geral da fauna cavernícola

Foi encontrado um total de 32 espécies de invertebrados e 04 espécies de vertebrados, no período chuvoso. Já no período seco, foi encontrado 25 espécies de invertebrados e 05 espécies de vertebrados durante os estudos bioespeleológicos nas 4 (quatro)

cavernas do projeto UHE Canto do Rio. O

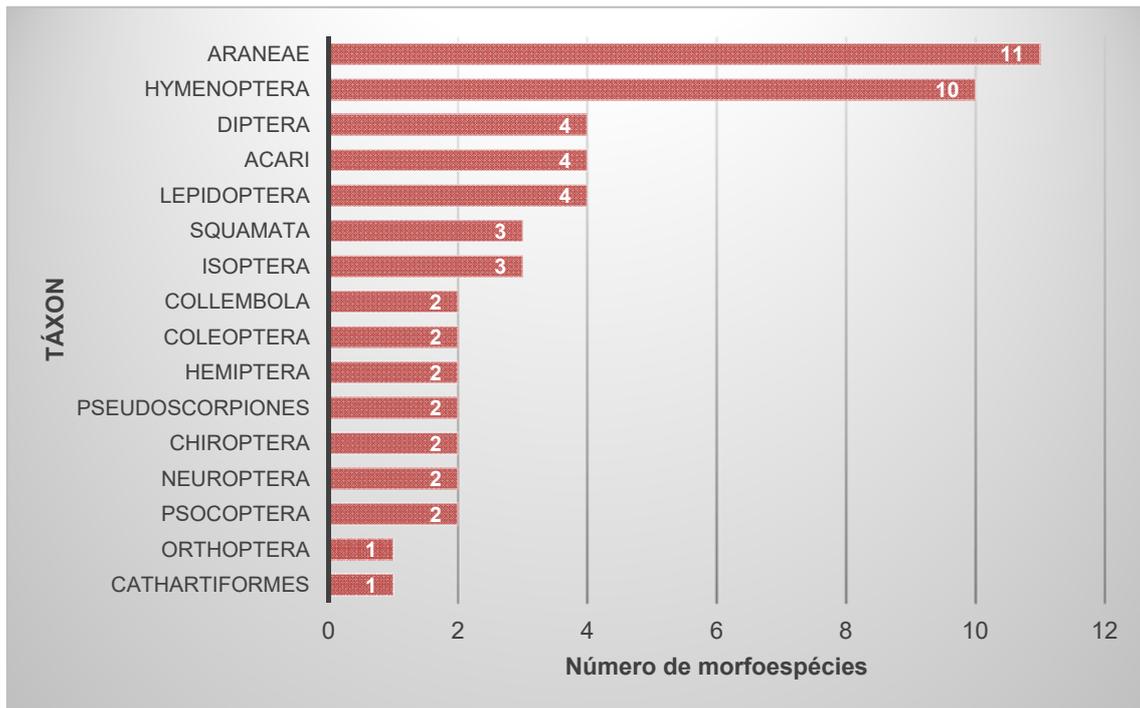


Gráfico 1 ilustra o número de morfoespécies registrados em cada grupo taxonômico.

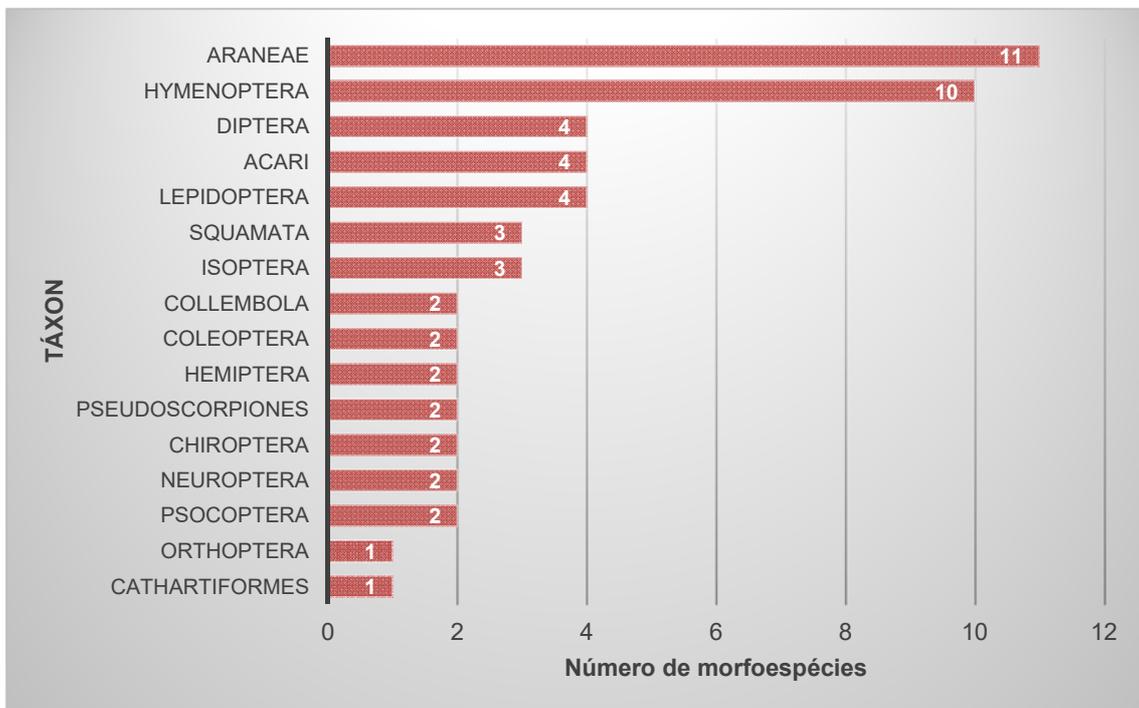


Gráfico 1: Diversidade faunística observada no projeto.

10.3.1.1 Invertebrados

Dentre os invertebrados foram avistados 4.618 indivíduos, sendo destes 294 coletados durante os 02 eventos de amostragem. Dentre estes invertebrados, o grupo com maior diversidade foi o dos Insetos, apresentando 28 morfótipos distribuídos em oito Ordens: Coleoptera (N = 2), Diptera (N = 4), Hymenoptera (N = 10), Isoptera (N = 3), Lepidoptera (N = 4), Neuroptera (N = 2), Orthoptera (N = 1) e Psocoptera (N = 2).

A Ordem Hymenoptera, a qual contempla as vespas, abelhas e formigas, obteve o maior número de riqueza dentre os insetos. Foram 10 morfoespécies, distribuídas em três famílias: Formicidae (N = 8), Scollidae (N = 1) e Siriciidae (N = 1). Nenhum dos morfótipos identificados apresentou sinais de troglomorfismos.

A Ordem Diptera, obteve quatro morfoespécies, distribuídos em três Famílias: Cecidomyiidae (N = 1), Culicidae (N = 1), Drosophilidae (N = 1) e um indivíduo jovem, o qual não foi possível avançar na identificação ficando apenas em Ordem. Esse grupo é de grande interesse médico por conter espécies vetores de doenças aos humanos e criações domésticas. Destaca-se a Famílias Culicidae, que possui diversas espécies transmissoras de patologias humanas e de interesse econômico, como Febre-amarela, Dengue, Malária, Filariose e das recentes Chikungunya e Zika. Neste estudo foram constatados indivíduos pertencentes às Famílias supracitadas, mas não sendo possível afirmar que se tratam efetivamente de espécies vetores dessas enfermidades.

A Ordem Coleoptera ocorreu com dois morfótipos, um pertencente à Família Tenebrionidae e um indivíduo jovem, o qual não foi possível avançar na identificação ficando apenas em Ordem. Este grupo é considerado a maior em diversidade de espécies entre todos os seres vivos, com mais de 330 mil espécies descritas. É relatado na literatura registros de coleópteros troglomórficos e troglóbios. Porém, neste estudo não ocorreram morfótipos que fossem considerados troglomórficos ou troglóbios pelo especialista do grupo.

A Ordem Isoptera obteve registro de três morfótipos neste projeto, pertencentes à Família Termitidae. Trata-se de um grupo com frequente ocorrência em cavidades, onde seus representantes consomem detritos vegetais e buscam abrigo no subterrâneo agregando a colônia, canalículos e fissuras da cavidade.

Na Ordem Lepidoptera ocorreram quatro morfótipos em duas Famílias: Noctuidae (N = 3) e Tineidae (N = 1). Como são indivíduos alados e bastante ativos, as cavidades comumente são utilizadas como abrigo diurno para estes indivíduos membros das mariposas, os quais são de hábito noturno. Estes indivíduos se alimentam da vegetação em desenvolvimento na entrada da cavidade ou do folhiço acumulado. Há famílias troglótenos, tais como os Tineidae, que utilizam as cavidades como berçário

depositando seus ovos próximos ao teto da cavidade, onde suas larvas se desenvolverão em segurança até o estágio adulto.

A Ordem Neuroptera registrou dois morfótipos pertencentes às Famílias Myrmeleontidae (N = 1) e Chrysopidae (N = 1).

Na ordem Orthoptera ocorreu o registro de um morfótipo pertencente à Família Phalangopsidae. Os ortópteros são um dos mais importantes detritívoros, se não o maior, atuantes na reciclagem energética. Alimentam-se de praticamente todo o material orgânico disponível: guano, fezes de vertebrados, carcaças de invertebrados, ovos de diferentes espécies e vegetação transportada para dentro da cavidade. São base alimentar para diversos predadores cavernícolas, como roedores, anfíbios, aracnídeos e lagartos, sendo conhecidos como importantes troglótenos (apesar de haverem registros de membros troglófilos) por utilizarem as cavidades como abrigo e berçário.

Psocoptera é um grupo detritívoro responsável pela reciclagem do material vegetal particulado disponível nas cavidades em meio ao substrato da superfície inferior (piso). São organismos importantes na cadeia trófica das cavidades, servindo de presas para os predadores de médio e grande porte. Na Ordem ocorreu registro de um morfótipo pertencente à família Mesopsocidae, bem como um morfótipo jovem, o qual não foi possível avançar na identificação ficando apenas em Ordem. Nenhum destes organismos apresentou indícios de troglomorfose.

As fotos a seguir representam indivíduos observados da Classe Insecta.

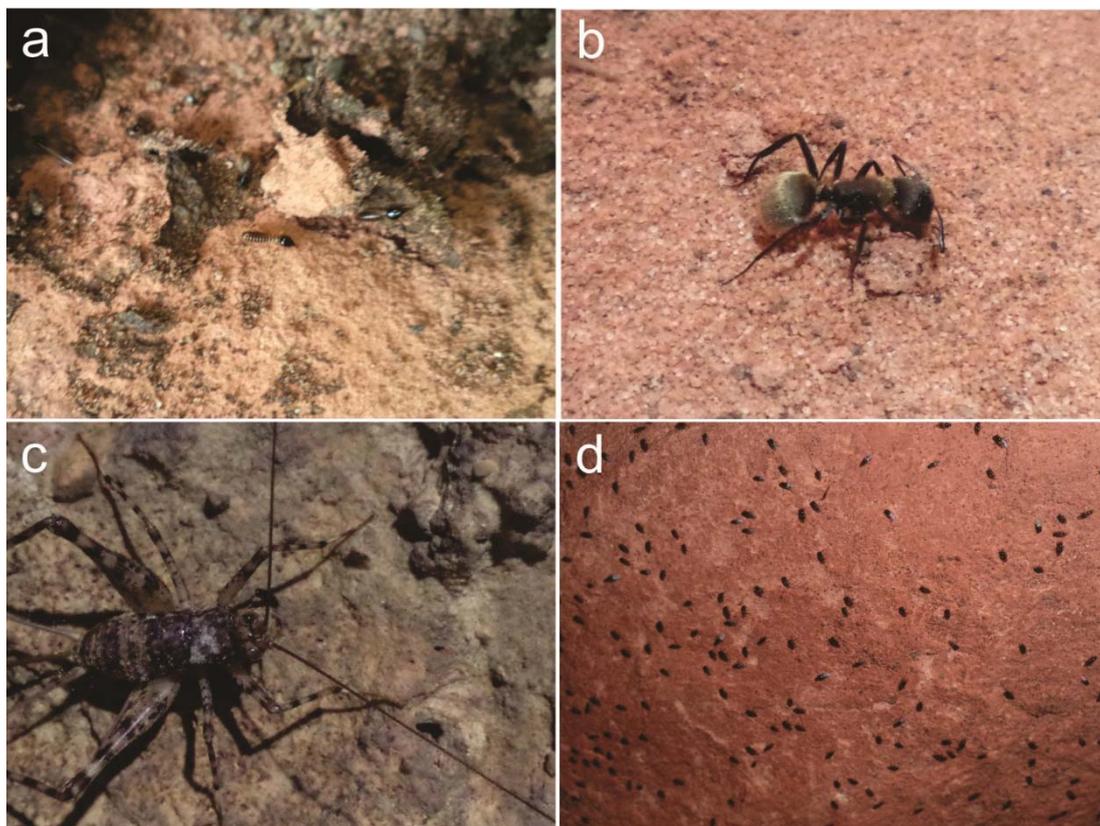


Figura 29: Indivíduos da Classe Insecta coletados na área do projeto. a) *Nasutidermes* sp.2 observado na Cav. Dá Pra Dormir, b) *Camponotus* sp.4 observado na Caverna Lasca do Abrigo, c) *Strinatia* sp.1 observado na Caverna Francisco e d) *Drosophilidae* sp.1 observado na cavidade Morcego Encantado.

Os Aracnídeos apresentaram 17 morfótipos em cinco Ordens: Araneae (N = 11), Ixodida (Acari, N = 1), Mesostigmata (Acari, N = 1), Pseudoscorpiones (N = 2) e Trombidiformes (Acari, N = 2).

A Ordem Araneae apresentou 11 morfótipos divididos em cinco Famílias: Ctenidae (N = 2), Pholcidae (N = 1), Salticidae (N = 2), Sicariidae (N = 4) e Theridiidae (N = 2). Há diversos registros de aranhas troglóbias descritas e um número ainda maior de indivíduos a serem descritos com troglomorismos e potenciais troglóbios. Neste estudo não ocorreram morfótipos que fossem considerados troglomórficos ou troglóbios pelo especialista do grupo.

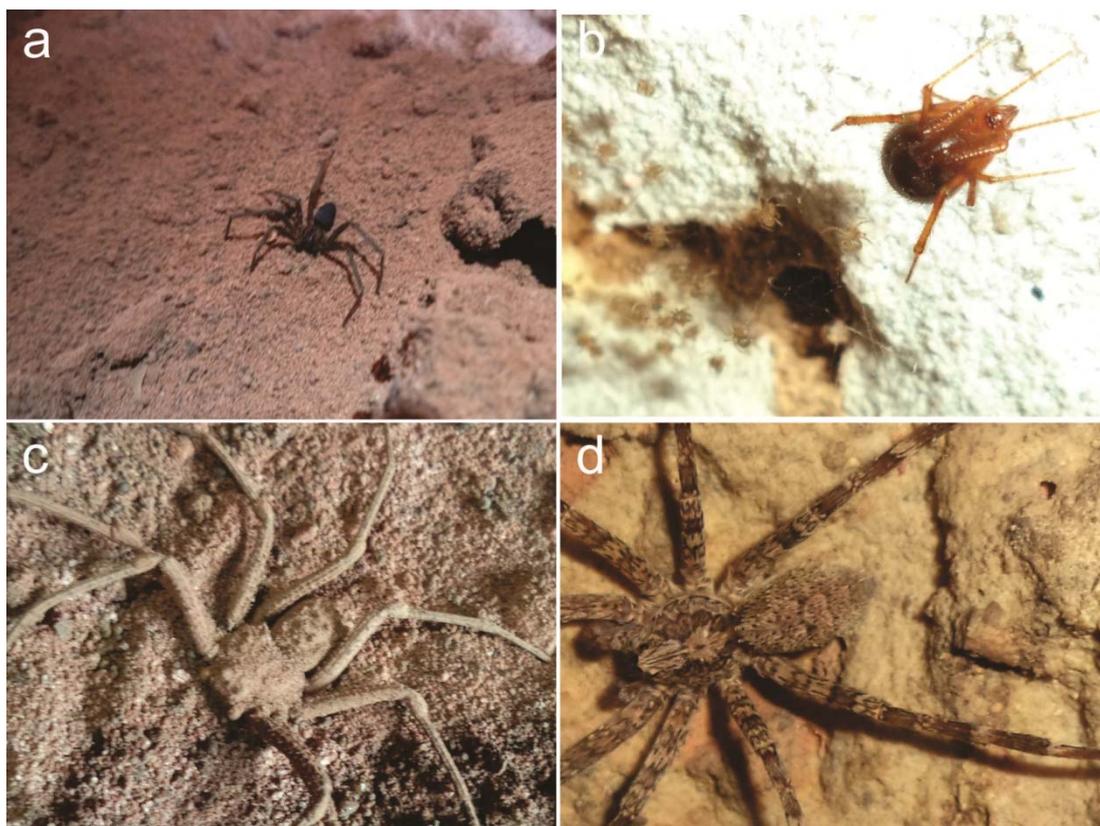


Figura 30: Indivíduos da Ordem Araneae coletados na área do projeto. a) *Loxosceles* sp.1 observado na Caverna Dá Pra Dormir, b) *Nesticodes rufipes* observado na Caverna Francisco, c) *Sicarius cariri* observado na cavidade Morcego Encantado e d) *Ctenidae* jovem observado na Cav. Francisco.

Registrou-se na Ordem Pseudoscorpiones dois morfótipos pertencentes às Famílias Chernetidae e Geogarypidae. Os pseudoescorpiões são descritos na literatura como grandes predadores, se alimentando de praticamente qualquer invertebrado que possam agarrar com suas “quelas”. São evidenciados na literatura ocorrências de troglomorfismos em pseudoescorpiões, porém neste estudo não ocorreram morfótipos que fossem considerados troglomórficos ou troglóbios pelo especialista do grupo.

A Classe Entognatha, anteriormente composta pelas Ordens, Collembola, Diplura e Protura, foi considerada parafilética (SASAKI et. al., 2013) assim desmembrando os componentes e elevando-os a Classe.

A Classe Collembola, apresentou duas morfoespécies, distribuídos pelas Famílias: Cyphoderidae (N = 1) e Entomobryidae (N = 1). Os collembolas são um grupo importante na ecologia cavernícola sendo responsável por movimentar a cadeia alimentar de meso artrópodes como recicladores energéticos, sendo predados por pseudoescorpiões e outros micro aracnídeos, também são presas de Myriapodas. Devido a estudos escassos desta Classe, principalmente em âmbito nacional, grande parte dos indivíduos cavernícolas encontrados é considerada como novas espécies. Além de grande parte dos indivíduos desse grupo ser considerado troglomórfico ao se realizar uma verificação

primária/rápida, devido a apresentarem olhos vestigiais, ou muitas vezes não apresentarem olhos. Entretanto, neste estudo não ocorreram morfótipos que fossem considerados troglomórficos ou troglóbios pelo especialista do grupo.

10.3.1.2 Vertebrados

Para calcular a taxa de ocupação, foi levado em consideração o número de cavernas do estudo e o número de cavernas em que foram encontrados vertebrados ou seus vestígios.

➤ Quirópteros

Com relação à quiropterofauna, na campanha caracterizada pelo período chuvoso realizado em março de 2017, foram encontradas duas espécies de morcego pertencentes à família Phyllostomidae (*Carollia brevicauda*) e Emballonuridae (*Peropteryx trinitatis*). Na campanha caracterizada pelo período seco, realizada em agosto de 2017, foram encontradas as mesmas espécies.

Tabela 12: Dados sazonais e alimentares das espécies de morcego encontradas na área do estudo e sua respectiva abundância.

Família	Subfamília	Espécie	Hábito Alimentar	Cavidade	Estação	
					Chuvosa	Seca
Emballonuridae	Emballonurinae	<i>Peropteryx trinitatis</i>	Insetívoro	Cav. Da pra Dormir	9	10
Phyllostomidae	Carollinae	<i>Carollia brevicauda</i>	Frugívoro	Cav. Do Francisco	41	8
Total de indivíduos por sazonalidade:					50	18
Total de espécies por sazonalidade:					2	2

Carollia brevicauda

O gênero *Carollia* ocorre em uma diversidade de nichos, podendo ser encontrado em áreas florestais como ambientes antropizados: cavernas, minas, fendas em rochas, ocos de árvores, tubulações, além de edificações urbanas e podem abrigar-se solitariamente, formar grupos de poucos indivíduos ou ainda, grandes colônias com milhares de indivíduos (NOWAK, 1994).

Carollia brevicauda é uma espécie de ampla distribuição geográfica, ocorre em todos os estados brasileiros. Espécie frugívora, se alimentando de insetos e néctar ocasionalmente (SAZIMA, 1976). Podem abrigar-se em cavernas, bueiros, galerias pluviais e edificações abandonadas (TRAJANO & GIMENEZ, 1998; BREDT *et al.*, 1999; LIMA, 2003).



Figura 31: *Carollia brevicauda* capturada no interior da cavidade Caverna Do Francisco.

Peropteryx trinitatis

O gênero *Peropteryx* apresenta hábitos alimentar predominantemente insetívoro, ocorrem em florestas úmidas primárias e secundárias, savanas, florestas secas e áreas de monoculturas (Handley-Jr, 1976). Abrigam-se em cavernas, fendas rasas, minas e construções.



Figura 32: *Peropteryx trinitatis* capturado no interior da cavidade Caverna Dá pra Dormir.

➤ **Herpetofauna**

Durante os estudos relacionados à herpetofauna no período chuvoso, foi encontrada uma espécie de lagarto (*Tropidurus semitaeniatus*) em duas cavidades. Durante os estudos do período seco foram encontradas três espécies de lagartos:

Tabela 13: Identificação da espécie de lagarto encontrada, sazonalidade e característica ecológica.

Família	Espécie	Nome Popular	AE	ED	CA	BI	IN	Modo de Registro	Cavidade	Estação	
										Chuvosa	Seca
Tropiduridae	<i>Tropidurus semitaeniatus</i>	calango				X		VIS	Cav. Da pra Dormir	2	2
						X		VIS	Cav. Morcego Encantado	1	0
	<i>Tropidurus oreadicus</i>	labigó				X		VIS	Cav. Da pra Dormir	0	1
						X		VIS	Cav. Morcego Encantado	0	1
	<i>Phyllopezus pollicaris</i>	lagartixa				X		VIS	Cav. Da pra Dormir	0	2
Total de indivíduos por sazonalidade:										3	6
Total de espécies por sazonalidade:										2	3

Legenda: **AE** – Espécies ameaçadas de extinção; **ED** – Espécies endêmicas e/ou dependentes de um ecossistema específico; **CA** – Espécies carentes de dados científicos; **BI** – Espécies bioindicadoras ambientais; **IN** – Espécies Invasoras. **Modo de registro:** VIS – Visualização.

Tropidurus semitaeniatus

Trata-se de uma espécie heliotérmica, que necessita de longos períodos de sol para manter suas atividades reprodutivas, de alimentação e de proteção de território. Não é conhecida sua ocorrência em cavidades naturais, pois difere de seus hábitos ecológicos. Essa espécie adapta-se bem a ambientes modificados, sendo considerada uma espécie colonizadora. Ambientes modificados tendem a apresentar uma baixa diversidade de espécies. Espécies que se adaptam a esses ambientes podem ser favorecidas pela ausência de concorrência alimentar, de habitat, territorial e predatória.



Figura 33: *Tropidurus semitaeniatus*.

Tropidurus oreadicus

As espécies de tropidurídeos do grupo torquatus são consideradas forrageadores de espreita (ARAÚJO, 1987, ROCHA, 1994), que vivem em áreas abertas (RODRIGUES, 1987) com hábito heliotérmicos (VARGENS *et al*, 2008) e dieta predominantemente

insetívora (VAN SLUYS et al., 2004). Estes lagartos são geralmente ativos ao longo de todo o dia (ROCHA & BERGALLO, 1990; VAN SLUYS, 1992; BERGALLO & ROCHA, 1993; VITT, 1995; HATANO *et al.*, 2001) e seu período de atividade tende a ser mais longo do que em outras espécies de lagartos sintópicas (ROCHA & VAN SLUYS, 2007).



Figura 34: *Tropidurus oreadicus*.

Phyllopezus pollicaris

Esses animais apresentam membros bem desenvolvidos e cauda robusta. Medem entre 5 e 20 cm de comprimento, não apresentando dimorfismo sexual relacionado ao tamanho dos indivíduos. Apresentam coloração acinzentada dorsalmente, e podem apresentar listras transversais mais escuras. A pele é fina apresentando pequenos grânulos e grandes tubérculos dorsais. Esses lagartos possuem hábito predominantemente crepuscular e noturno, saxícola e forrageador de tocaia (VANZOLINI *et al.*, 1980; RODRIGUES, 1986; VITT, 1995; FREIRE *et al.*, 2000; PASSOS, 2013) dentre as espécies do gênero *Phyllopezus* conhecidas no Brasil.



Figura 35: *Phyllopezus pollicaris*.

➤ **Aves**

Foram registradas aves utilizando as cavidades do projeto como abrigo e/ou local de nidificação. *Cathartidae* sp. foi encontrada em uma cavidade no período chuvoso.

Tabela 14: Espécies de aves encontradas no estudo.

Família	Morfótipos	Nome Popular	Ocorrência
Cathartidae	<i>Cathartidae</i> sp.	Urubu	Cav. Lasca do Abrigo

***Cathartidae* sp.**

A família Cathartidae é representada pelos denominados “abutres do Novo Mundo”, comumente conhecidos como urubus e condores, e compreende as aves de hábitos saprófagos do continente americano.

Os Cathartidae são aves de médio a grande porte atualmente são reconhecidas sete espécies de cinco gêneros (*Coragyps atratus*, *Cathartes aura*, *C. burrovianus*, *C. melambrotus*, *Sarcorhampus papa*, *Vultur gryphus* e *Gymnogyps californianus*), cuja distribuição geográfica é exclusiva do continente americano, desde o sul do Canadá à Terra do Fogo (Houston, 1994; Ferguson-Lees & Christie, 2001).

Muitos dos caracteres diagnósticos do grupo provêm de adaptações ao hábito alimentar dessas aves, constituído principalmente por matéria proteica animal, proveniente de carcaças em diferentes níveis de decomposição. Dentre estes caracteres destacam-se: bicos e pés fortes utilizados na dilaceração de carcaças; cabeça e pescoço desprovidos de penas que evitam o acúmulo de matéria orgânica em decomposição nestas regiões;

e espesso colar de penas no pescoço que evita a passagem de líquidos provenientes da dieta às outras partes do corpo (Houston, 1994; Sick, 1997).



Figura 36: Indivíduos jovens de *Cathartidae* sp. encontrados no interior da Cav. Lasca do Abrigo.

O período chuvoso apresentou uma abundância superior de indivíduos de vertebrados do que o período seco (gráfico: 02), porém essa alta abundância reflete o número superior de indivíduos de *Carollia brevicauda*, para répteis, por exemplo o período seco apresentou 50% a mais de indivíduos encontrados nas cavidades (gráfico: 03). A cavidade Lasca do Abrigo onde foram encontrados dois filhotes de urubu no período chuvoso não foi recorrente no período seco. O número de espécies registradas em cada sazonalidade foi o mesmo (cinco espécies em cada coleta sazonal).

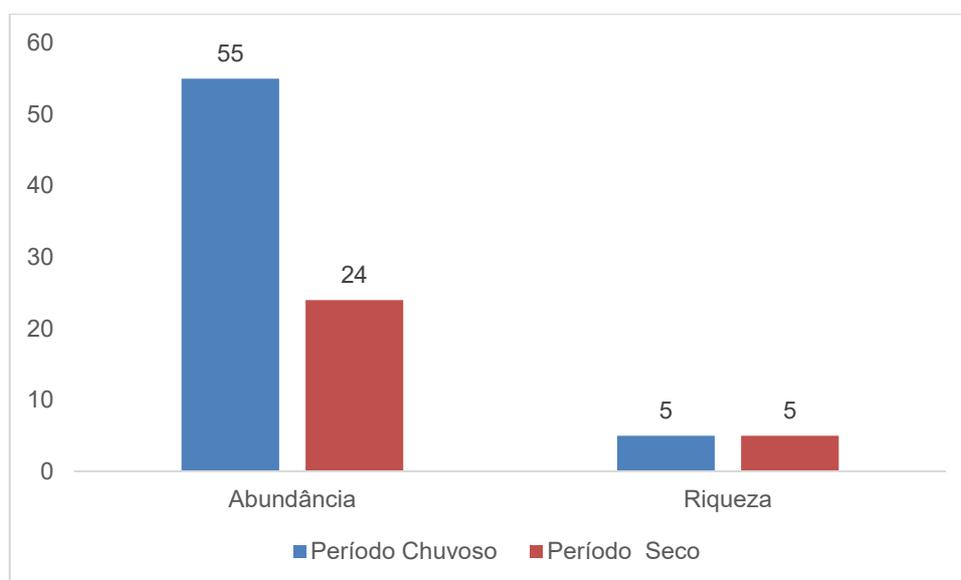


Gráfico 2: Riqueza e abundância de vertebrados registrados em todo o estudo.

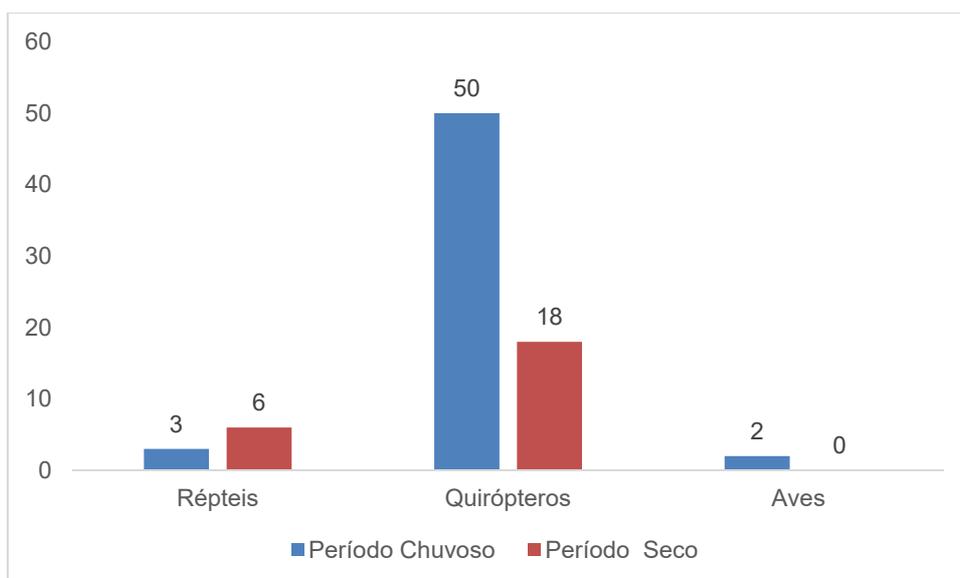


Gráfico 3: Abundância de indivíduos por táxon de vertebrados em todo o estudo.

10.3.1.3 Troglomórficos e Troglóbios

Não foram encontradas espécies troglomórficas ou troglóbias. Apesar de ter sido coletada uma espécie pertencente à Família Cyphoderidae (Collembola) totalmente anofitalmica, o morfótipo *Cyphoderidae* sp.1 não foi considerado troglomórfico. Segundo Jantarit (2014), anofthalmia é uma característica morfológica comumente encontrada no grupo, por isso não se pode classificá-los como organismos troglomórficos.

10.3.1.4 Táxons Novos

Não foram encontradas espécies consideradas novas para a ciência nas quatro cavidades do projeto UHE Canto do Rio.

10.3.2 Caracterização das condições ambientais

As cavidades estudadas, localizadas na área do projeto da UHE Canto do Rio, apresentam dimensões reduzidas (2,22 até 6,48 metros de desenvolvimento) e predominantemente de desenvolvimento horizontalizado, pouco profundas e com pacote rochoso de pouca espessura acima da entrada das cavidades. Devido aos aspectos físicos citados acima, estas cavidades podem sofrer forte influência de fatores climáticos (e.g. temperatura, umidade, pluviosidade) do meio epígeo.

Além disso, devido, em grande parte, a projeção horizontal das cavidades aqui estudadas, foi observado predominância de região com luminosidade nos condutos. Sendo que 50% das cavernas apresentam apenas zona de incidência direta de luz (eufótica) e 50% apresentaram zonas eufótica e disfótica. Em nenhuma das cavidades foi observado a presença de uma zonação de luminosidade completa, composta de zonas eufótica, disfótica e afótica (Gráfico 4 e Gráfico 5). Todas as cavidades e suas respectivas zonações estão detalhadas na Tabela 15.

Tabela 15: Tamanho e as respectivas zonações de luminosidade observadas em cada uma das cavidades.

Cavidade	PH	Área (m²)	Zonação
Caverna Dá Pra Dormir	6,18	13,24	E-D
Caverna Francisco	6,48	27,66	E-D
Caverna Morcego Encantado	3,29	17,05	E
Caverna Lasca Abrigo	2,22	9,76	E

* E, eufótica; D, disfótica; A, Afótica

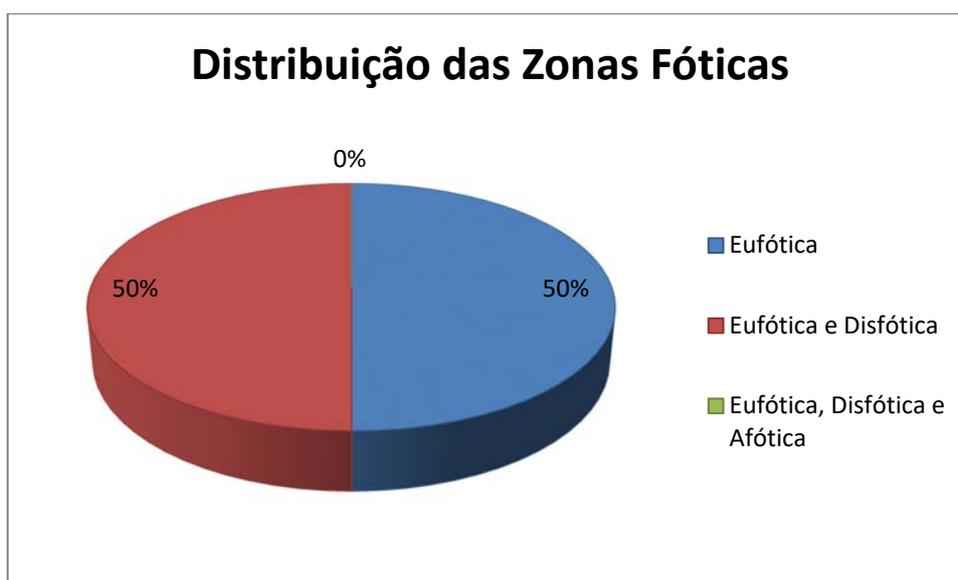


Gráfico 4: Zonações nas cavidades do projeto.

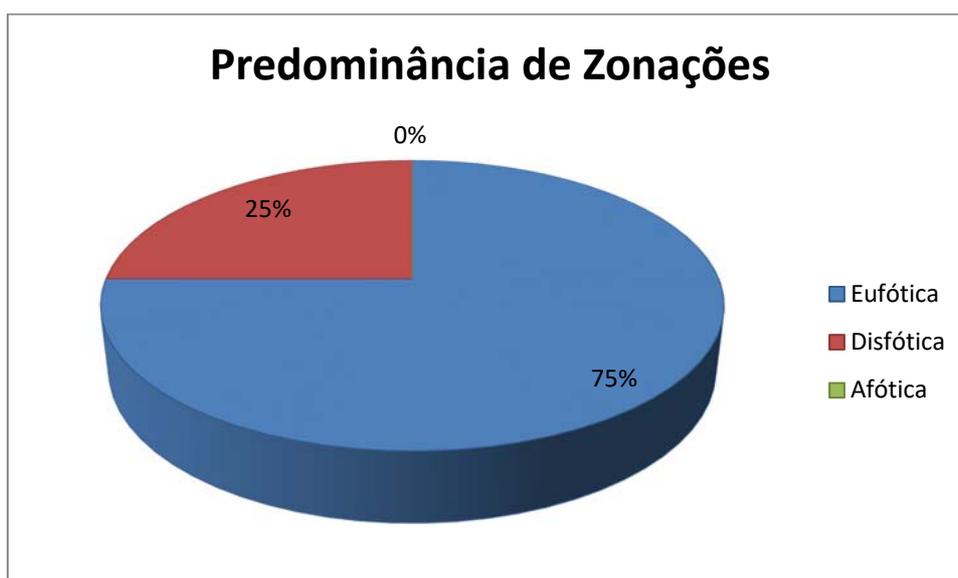


Gráfico 5: Predominância das zonações nas cavidades do projeto.

A menor temperatura foi observada na Caverna do Francisco durante o período seco, quando foi registrada 25,2°C. Já a temperatura mais elevada foi registrada no período

chuvoso, na Caverna Morcego Encantado, 33,3°C. Já a umidade variou de 47%, no período seco, a 85%, no período chuvoso, na Caverna Lasca Abrigo.

A média de temperatura no período seco (29,1°C) foi similar à encontrada no período úmido (29,8°C). A umidade média apresentou valores mais elevados no período úmido (77,3%) do que no período seco (58%).

Tabela 16: Condições ambientais registradas nas cavidades estudadas.

Cavidade	Período Chuvoso		Período Seco	
	Temperatura (°C)	Umidade (%)	Temperatura (°C)	Umidade (%)
Caverna Dá Pra Dormir	28,2	80	30,7	70
Caverna Francisco	26,8	83	25,2	64
Caverna Morcego Encantado	33,3	61	32,9	51
Caverna Lasca Abrigo	28	85	30,3	47

A presença de corpos d'água foi registrada apenas na Caverna Dá pra Dormir, no período chuvoso, sendo gotejamento a feição hidrológica observada. Esta feição, não favorece o carreamento de recursos energéticos devido a suas características filtrantes, onde a água permeia pela rocha e/ou solo até chegar à cavidade.

Acúmulo de água na forma de poças ocorreu também na Caverna Dá pra Dormir, apenas no período chuvoso. A presença de corpos d'água, em especial aqueles que são perenes, pode servir como importante micro-habitat para toda fauna cavernícola, inclusive pode abrigar espécies troglóbias. Além de ser um recurso importante, a água pode atuar como um agente carreador de matéria orgânica para o sistema hipógeo, e ponto de crescimento de raízes. Aumentando a diversidade de habitat e fonte de matéria orgânica, podendo favorecer a presença de inúmeras espécies que não estariam presentes em outros locais.

10.3.3 Caracterização das condições bióticas

O aporte orgânico para sistemas cavernícolas é um ponto importante na caracterização das cavidades, tanto que a IN MMA n° 02/2009 apresenta uma resolução específica para este ponto, assegurando a necessidade de se categorizar a presença dos diferentes tipos de recursos orgânicos presentes no meio hipógeo. Os substratos orgânicos encontrados dentro das cavidades inventariadas foram quantificados e classificados em sete tipos: "Material vegetal", "Detritos", "Raízes", "Guano", "Carcaças", "Fezes de vertebrados não voadores" e "Bolotas de regurgitação". Para classificação das cavidades de acordo com esse atributo, foi utilizado o critério: cavidades que apresentaram ao menos quatro dos sete substratos orgânicos listados acima foram consideradas como cavidades com alta diversidade de substratos orgânicos; e

cavidades que apresentaram menos de quatro substratos orgânicos foram consideradas como de baixa diversidade de substratos orgânicos.

Ocorrendo em praticamente todas as cavidades, os detritos, as raízes, os materiais vegetais e o guano (04, 04, 03 e 03 cavidades, respectivamente) foram os tipos de substratos orgânicos mais frequentes. Seguidos por fezes de vertebrados não voadores (02 cavidades). Já os substratos bolotas de regurgitação e carcaça não foram observados nas cavidades do projeto. O

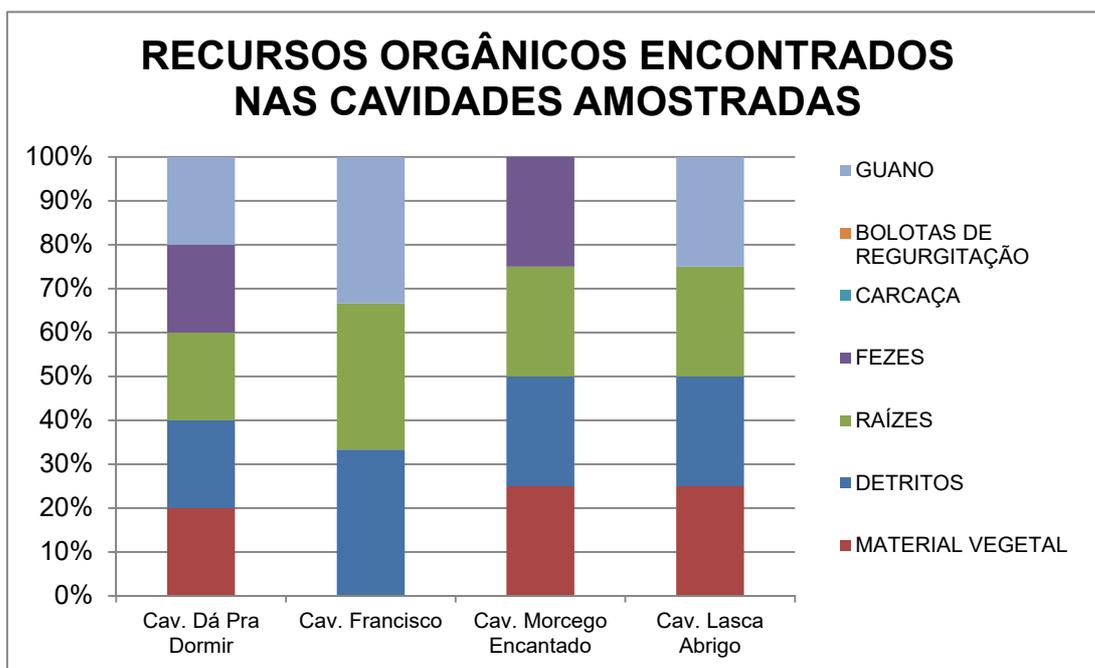


Gráfico 6 demonstra a ocorrência desses atributos no projeto.

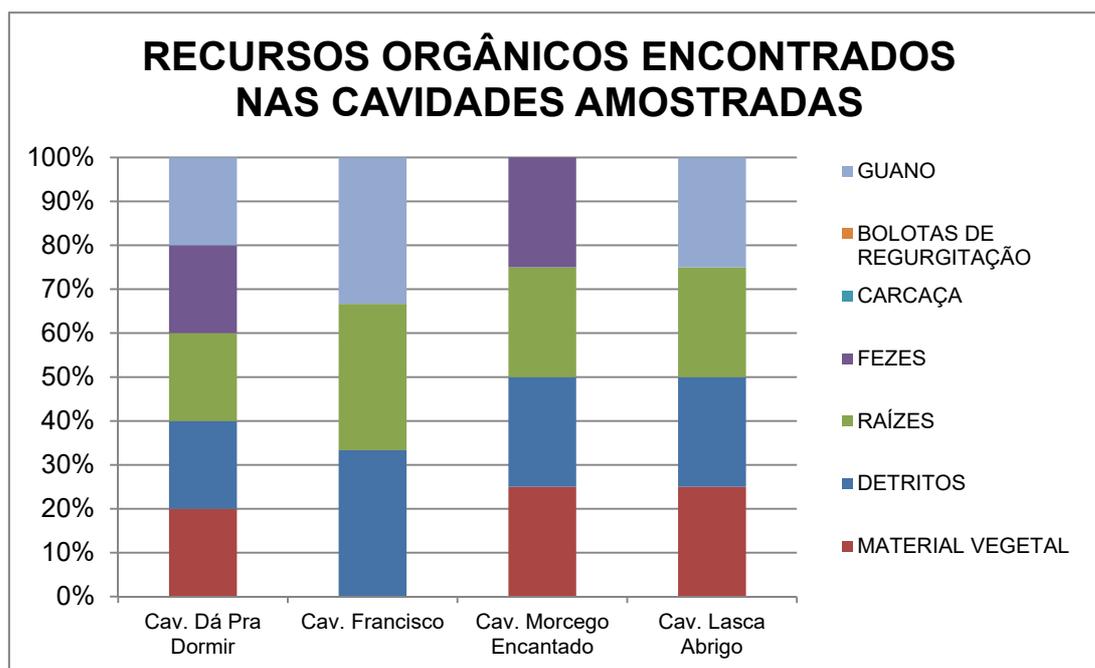


Gráfico 6: Diversidade de substratos orgânicos encontrados nas cavidades do projeto.

A ocorrência de detritos vegetais foi recorrente em todas as cavidades, entretanto, este tipo de recurso se acumula principalmente na região de entrada, próximo à linha d'água.

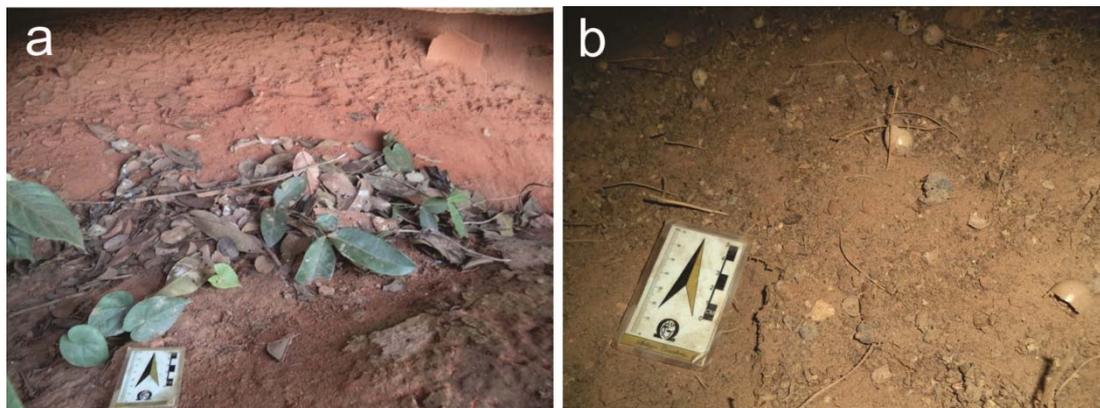


Figura 37: Registro de detritos. a) Caverna Lasca do Abrigo e b) Caverna do Francisco.

As raízes já foram listadas como um dos mais importantes tipos de recurso encontrados em cavidades (FERREIRA, 2009). Por serem sistemas superficiais e/ou sub-superficiais, e não estarem inseridas em um pacote rochoso compacto, e sim cheio de fraturas e falhas, o acesso ao meio hipógeo pelas raízes é facilitado. Foram observadas em 04 cavidades do projeto. Observaram-se raízes de calibres variados e localizadas geralmente nas regiões de entrada.

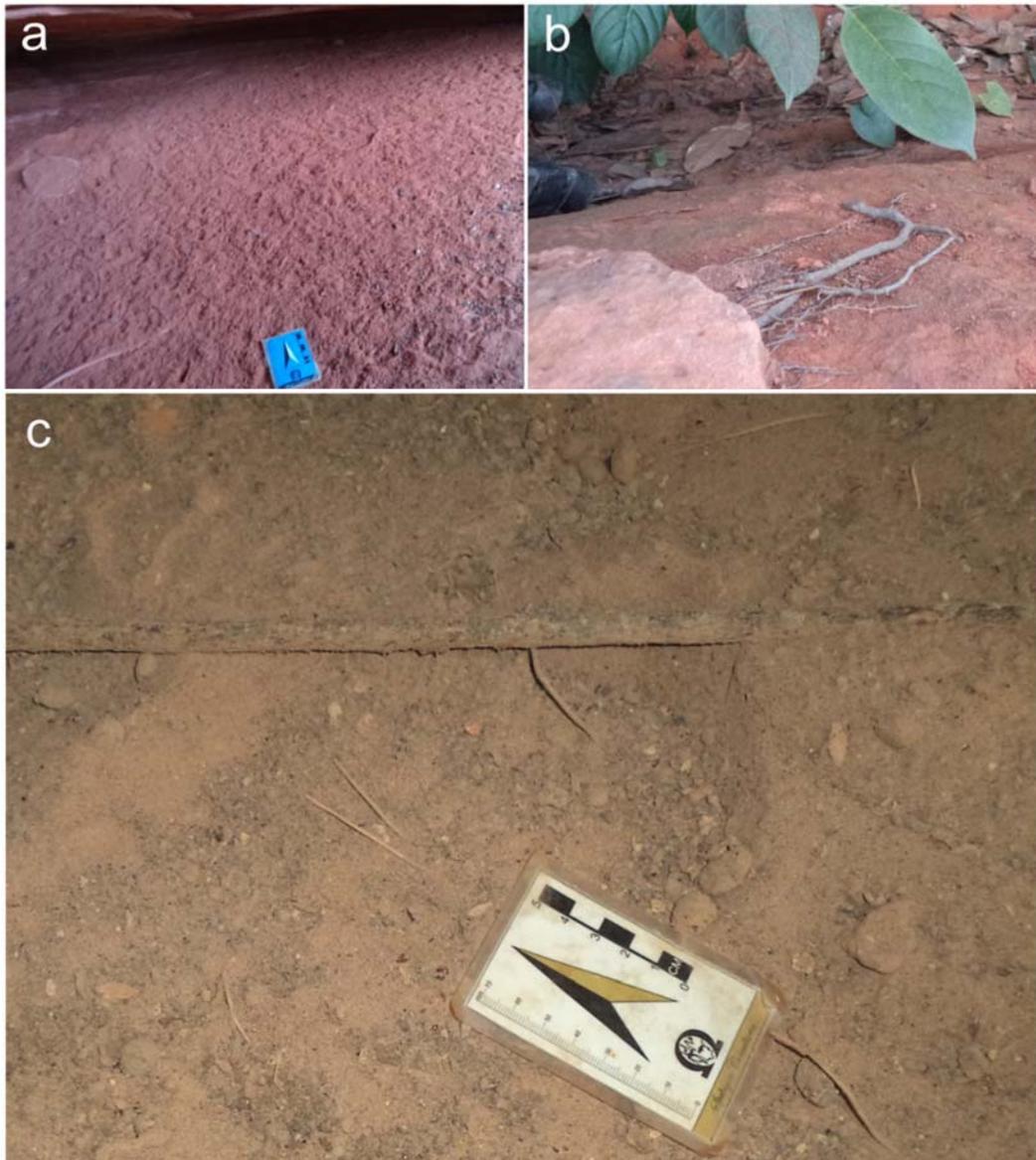


Figura 38: Registro de raiz: a: Caverna dá pra dormir, b: Caverna Lasca do Abrigo e c: Caverna do Francisco.

Outro tipo de recurso registrado foi a presença de organismos fotossintetizantes observados em 03 cavidades. Estes vegetais são encontrados próximos à linha d'água, no limite entre a cavidade e o meio epígeo, onde a incidência luminosa é mais intensa.

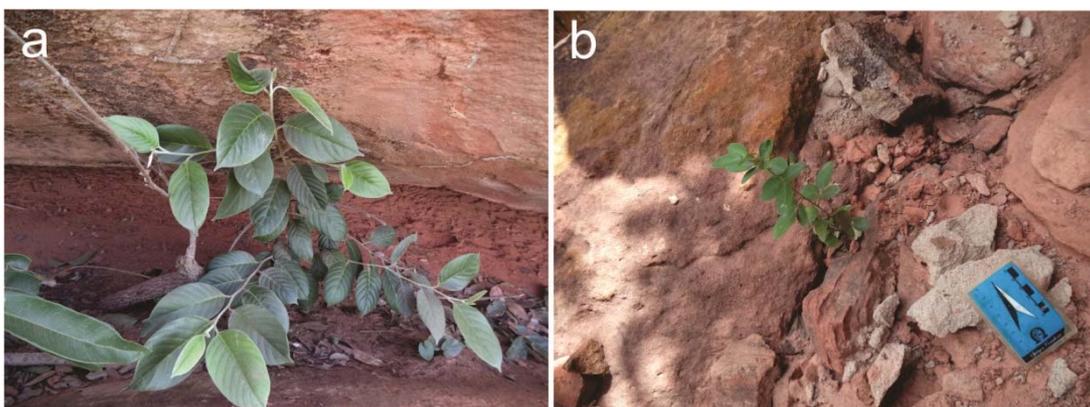


Figura 39: Registro de material vegetal. a) Caverna Lasca do Abrigo e b) Caverna Morcego Encantado.

Guanos de morcegos frugívoro e insetívoro foram registrados em 03 cavidades estudadas. Tais substratos são encontrados em cavidades que possuem colônia de morcegos e podem ser considerados como uma das principais fontes de aporte energético para a fauna cavernícola. Entretanto, na maioria das cavidades o guano de morcegos estava representado por pontos esparsos, exceto na cavidade Caverna do Francisco que apresentou maior acúmulo deste recurso (Figura 40).

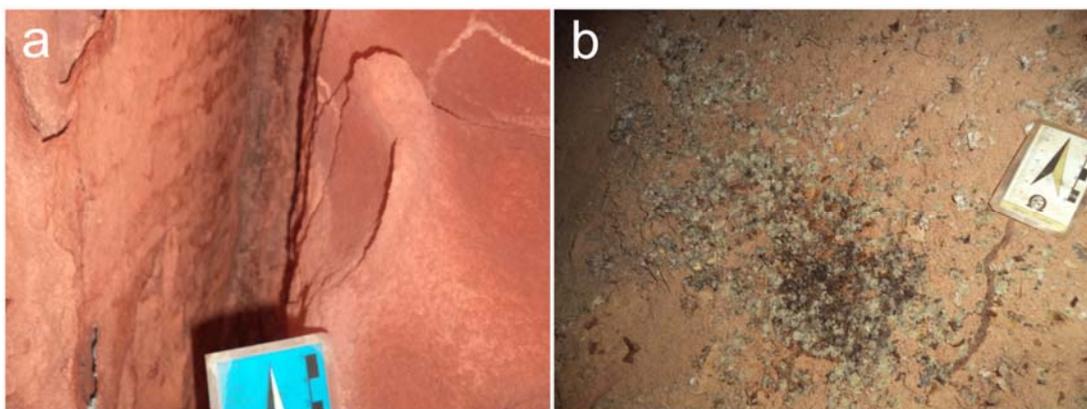


Figura 40: a: Registro de guano pontual na Caverna dá pra dormir. B: Registro de acúmulo de guano na Caverna do Francisco.

O registro de fezes foi feito a partir de presença de fezes de vertebrados “não voadores” constatadas no interior das cavidades. Sendo encontradas fezes de *Myrmecophaga tridactyla* (tamanduá-bandeira) em 02 cavidades estudadas.

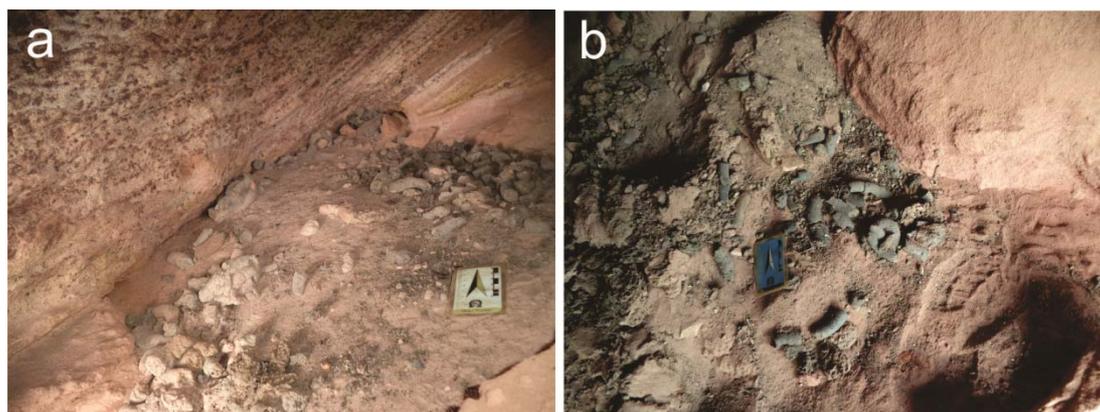


Figura 41: Registro de Fezes. a) Caverna Morcego Encantado e b) Caverna Dá Pra Dormir.

De acordo com as determinações da IN 02 MMA (2009), 03 cavidades foram consideradas com alta diversidade de substratos orgânicos, por apresentarem 4 ou mais tipos de recursos e uma cavidade foi considerada com baixa diversidade por apresentar 3 tipos de recurso (Tabela 17).

Tabela 17: Substratos biológicos registrados nas cavidades estudadas pela equipe de bioespeleologia.

Tipo de Recurso									
Cavidade	Material Vegetal	Detritos	Raízes	Fezes de vertebrados não voadores	Carcaça	Bolota de regurgitação	Guano	Riqueza de substratos	Classificação de acordo com IN 02/2009
Caverna Dá Pra Dormir	X	X	X	X	-	-	X	5	ALTA
Caverna Francisco	-	X	X	-	-	-	X	3	BAIXA
Caverna Morcego Encantado	X	X	X	X	-	-	-	4	ALTA
Caverna Lasca Abrigo	X	X	X	-	-	-	X	4	ALTA

10.3.4 Análises

10.3.4.1 Estimativa de riqueza de espécies

Os valores de riqueza foram obtidos considerando indivíduos coletados e observados de vertebrados e invertebrados. Em relação à classificação de riqueza, conforme apresentado no tópico 10.2.9 foram utilizados os dados do presente projeto.

Os resultados de riqueza para as cavidades do Projeto UHE Canto do Rio obtiveram média e desvio padrão de 19 ± 2 morfoespécies, considerando todas as cavidades. Nestas cavidades a maior diversidade (N = 21) foi encontrada na Caverna Dá Pra Dormir e Caverna Lasca do Abrigo, já a menor (N = 18) na Caverna do Francisco. Todos os valores de riqueza estão relacionados no

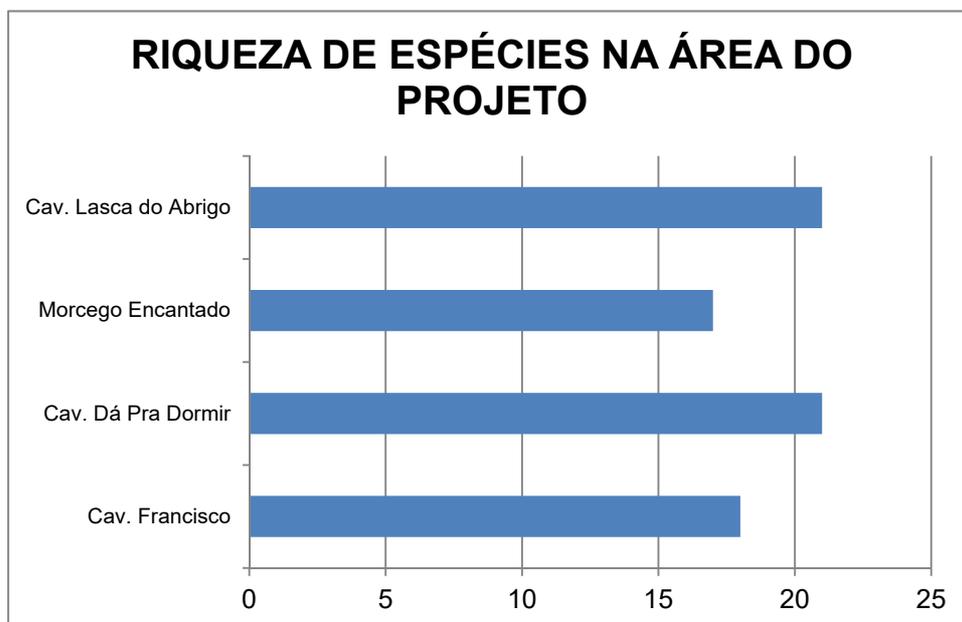


Gráfico 7.

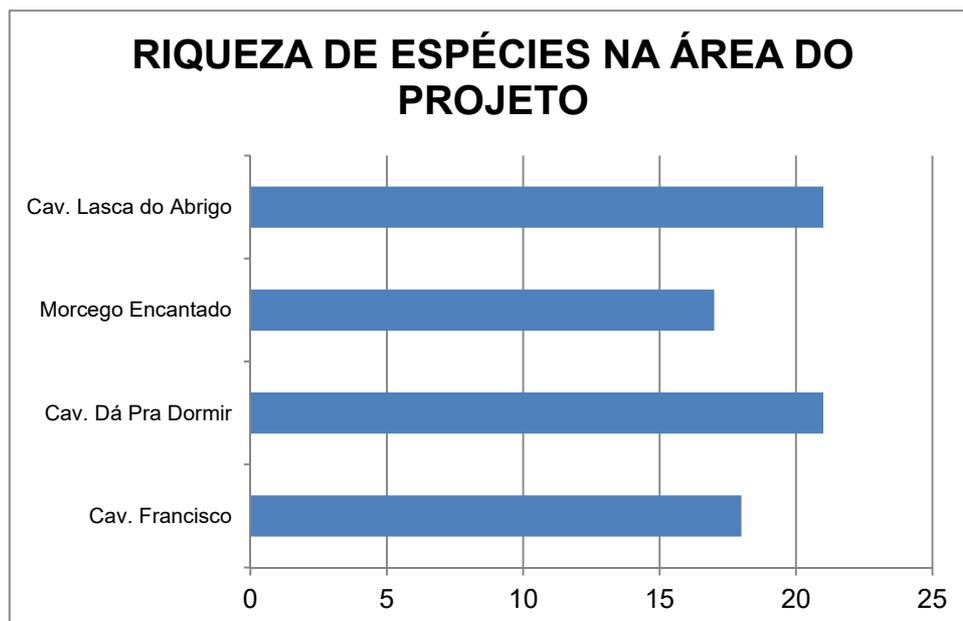


Gráfico 7: Riqueza de morfoespécies por cavidade do projeto UHE Canto do Rio.

Analisando estes dados sob a ótica estabelecida na Instrução Normativa nº 02 de 2009, foram consideradas como “Riqueza de espécies Baixa” aquelas cavidades que tiveram registro de riqueza total com valores iguais ou abaixo de 17. Foram consideradas como “Riqueza de espécies Média” aquelas cavidades que tiveram registros de riqueza com valores iguais ou acima de 18 e valores iguais ou abaixo de 20. E foram consideradas como “Riqueza de espécies Alta” aquelas cavidades que obtiveram registros de riqueza com valores iguais ou acima de 21. Na Tabela 18 pode ser visualizado o resultado da avaliação da Riqueza mediante os requisitos da IN 02/2009.

Tabela 18: Classificação de riqueza das cavidades localizadas no projeto.

CAVIDADES	RIQUEZA	CLASSIFICAÇÃO PELA IN
Caverna Francisco	18	MÉDIA
Caverna Dá Pra Dormir	21	ALTA
Morcego Encantado	17	BAIXA
Caverna Lasca do Abrigo	21	ALTA

Segundo a análise de estimativa de riqueza, a amostragem de invertebrados realizada nas 04 (quatro) cavidades do presente projeto demonstra o comportamento esperado, considerando o esforço amostral e abrangência temporal comumente empregado para

este tipo de estudo. Os resultados são apresentados no (

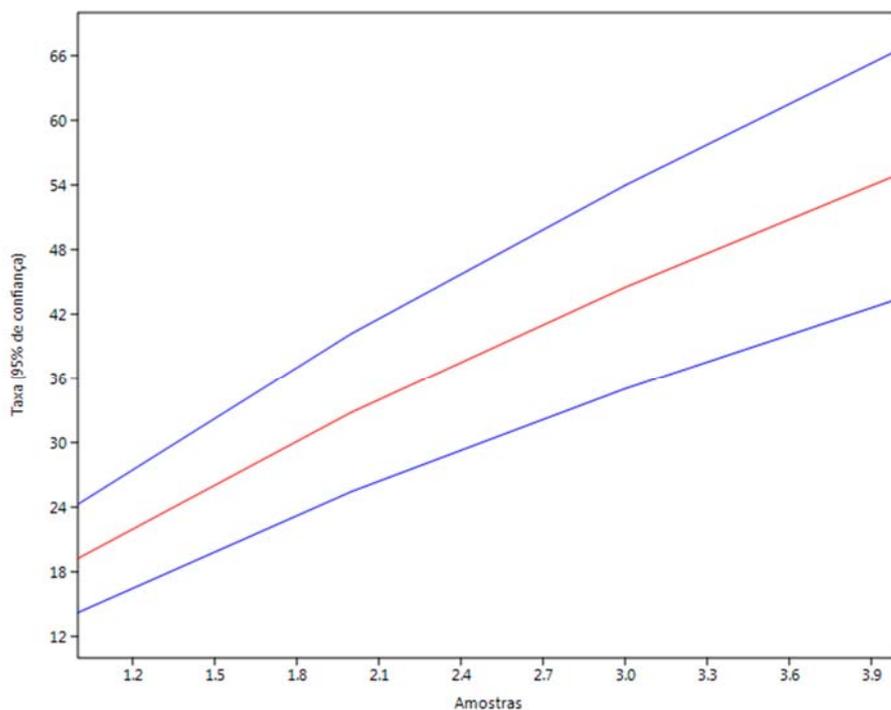


Gráfico 8).

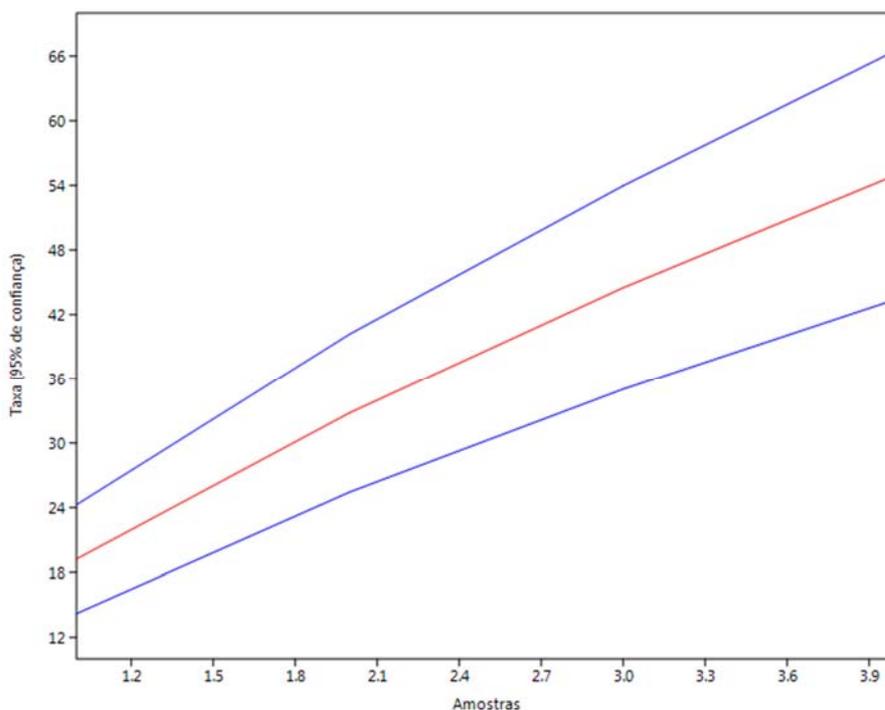


Gráfico 8: Curva de rarefação construída com base nas espécies coletadas em 04 cavidades do presente projeto.

Outras situações se assemelham ao resultado obtido, não sendo um caso isolado o fato da curva não ter atingido sua assíntota. É recorrente tal resultado quando são utilizadas para a análise todas as espécies coletadas. Isso foi demonstrado por Zampaulo (2010),

Oliveira (2014) e inclusive em estudos realizados em uma área próxima ao presente local, por Ferreira e colaboradores (2013).

Problemas com os métodos utilizados para a amostragem da fauna cavernícola já foram discutidos por Oliveira (2014) em um estudo realizado em cavidades de diferentes litologias, onde foram utilizados métodos variados, na tentativa de se encontrar a forma mais adequada de se conduzir os levantamentos de fauna cavernícola. Entretanto, para uma amostragem que demonstre o número de espécies reais de um determinado local, são necessárias coletas exaustivas, que tenha uma logística que não é possível de ser executada (DELABIE et al, 2000). Além disso, tendo em vista que ambientes subterrâneos são pouco conhecidos, e podem apresentar troglóbios endêmicos, é possível que uma coleta intensiva possa causar impacto irreversível nas populações dessas espécies (OLIVEIRA et al, 2014).

10.3.4.2 Abundância Relativa de Espécies

As abundâncias das espécies foram analisadas em separado, para cada espécie, e definido qual seria o valor a ser considerado como alta abundância. Após essa definição, foram somadas as espécies com alta abundância de cada cavidade, sendo que as espécies encontradas em apenas uma cavidade foram consideradas de alta abundância. Dessa forma, cavidades com 30% ou mais de espécies com abundância alta foram consideradas com alta abundância relativa de espécies. Cavidades com 10 a 29% de espécies com abundância alta foram consideradas com média abundância relativa de espécies. Cavidades com menos de 10% de espécies com abundância alta foram consideradas com baixa abundância relativa de espécies. Conforme a Tabela 19, todas as cavidades apresentaram abundância relativa alta.

Tabela 19: Abundância relativa de espécies das cavidades estudadas.

Cavidade	Riqueza total de espécies	Total de espécies com alta abundância	AB(%)=n*100/N	Corte IN
Caverna Francisco	5	3	60,00	ALTA
Caverna Dá Pra Dormir	6	4	67,67	ALTA
Morcego Encantado	4	2	50,00	ALTA
Caverna Lasca do Abrigo	2	1	50,00	ALTA

10.3.4.3 Similaridade

Conforme demonstrado no dendograma a seguir, as cavidades da amostra local do presente projeto apresentaram índices de similaridade baixos (<0,5), o que implica em uma estrutura de comunidade heterogênea. Nesta análise destaca-se a Caverna do Francisco apresenta comunidade de espécies com maior singularidade, se distinguindo das demais.

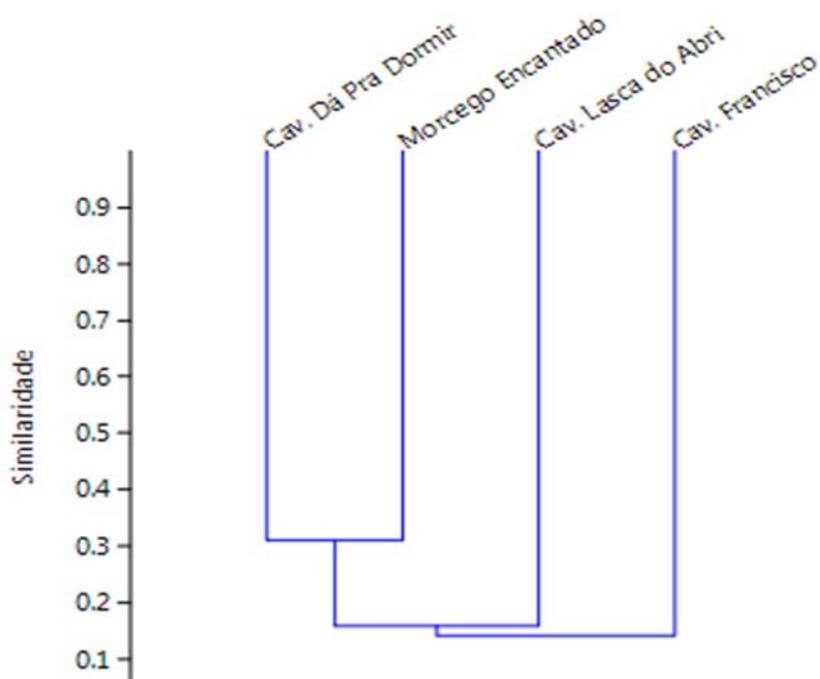


Gráfico 9: Dendrograma de similaridade das cavidades do presente Projeto.

10.3.5 Discussões ecológicas

Neste projeto a diversidade registrada foi relativamente baixa. A média de riqueza e desvio padrão apresentada foi de 19 ± 2 . A diversidade apresentada neste estudo pode ser correlacionada à disponibilidade de recursos alimentares (substratos orgânicos) conforme pode ser visto no tópico 10.3.3. Os substratos apontados nas cavidades deste projeto, apesar de numerosos, possuem baixa expressividade. Este fato pode ser verificado em ocorrências de cavidades com alto número de substratos, porém com riqueza dentro da média ou até mesmo abaixo da média.

A abundância relativa mostrou-se expressiva, pois todas as quatro cavidades obtiveram registros acima de 30% de organismos de abundância alta, mas não podemos desconsiderar a grande diversidade de indivíduos de pequeno porte (<1 cm), que representam a fauna de micro invertebrados, bem rica, em comparação aos grandes invertebrados o que possivelmente, resulta em uma maior variedade de micro habitats.

Outro fator que também pode ter influenciado nestes resultados é a área onde estão inseridas as cavidades, com aspectos de antropização nas proximidades, além do histórico da região de uso do entorno para diversas atividades humanas. Tais fatores podem influenciar negativamente na obtenção de espécies troglomórficas.

A baixa projeção horizontal das cavidades (2,22 até 6,48 metros de desenvolvimento) aliada à predominância de região eufótica (zona de incidência direta de luz) e ao pacote rochoso pouco espesso, acima das cavidades, contribuem, intensamente, para que estas sofram forte influência de fatores climáticos (temperatura, umidade e pluviosidade)

do meio epígeo. Tal situação dificulta que comunidades de invertebrados especializados possam se estabelecer neste ambiente, o que pode justificar o fato de não ter sido identificado organismos troglomórficos nas cavernas estudadas.

Em relação à análise de similaridade, considerando os resultados desta campanha, verificam-se baixos índices entre as cavidades do projeto. Nesta análise destaca-se a Caverna do Francisco que apresenta comunidade de espécies com maior singularidade, se distinguindo das demais.

A baixa similaridade pode ser explicada pela influência do meio externo, cavidades de pequenas proporções tendem a apresentar maior influência do meio externo. Desta forma sua comunidade será, em sua maioria, composta por organismos epigeomórficos (TRAJANO & BICHUETTE, 2006).

Com relação às espécies de vertebrados, os organismos registrados constituem comunidades de espécies com grande capacidade de adaptação a ambientes antropizados, com ampla distribuição geográfica e registrada em diversos biomas. Apesar disso, desempenham um papel de importância para a regeneração dos ambientes naturais: dispersão de sementes e controle de insetos.

A coexistência de indivíduos da quiropterofauna, herpetofauna e/ou avifauna em um local é favorecida pelo uso diferencial dos recursos disponíveis (e.g., CRUMP, 1982; CARDOSO et al., 1989), de modo que ambientes com maior heterogeneidade favorecem a ocorrência de uma alta riqueza de espécies. Como exemplo, modos reprodutivos diferenciados podem ocorrer entre espécies simpátricas de morcegos ou de anfíbios e contribuir para a partilha de recursos (CRUMP, 1982).

A dinâmica de distribuição das espécies da fauna pode ser influenciada tanto por fatores em uma escala espacial regional ampla, quanto em uma escala local. Em escala regional, a presença de pequenos corpos d'água e de remanescentes de formações vegetais naturais (GUERRY & HUNTER Jr., 2002) preservariam dinâmicas de metapopulação (GRAY et al., 2004; PARRIS, 1999), visto que o aumento na disponibilidade de microambientes pode ser importante para evitar o isolamento entre áreas, diminuindo a probabilidade do desaparecimento local de algumas espécies (PARRIS, 1999).

O não registro de anfíbios pode estar relacionado à ausência de corpos d'água perenes ou intermitentes dentro ou próximos às cavidades, bem como a ausência de fragmentos florestais mais bem preservados no entorno.

Com relação às espécies de répteis Squamata, foi observada uma riqueza de três espécies de lagartos, sendo dois da Família Tropiduridae com hábitos diurnos e regulação heliotérmica (*Tropidurus semitaeniatus* e *Tropidurus oreadicus*) e uma

espécie da Família Phyllostomatidae (*Phyllostomus discolor*) que apresenta hábitos noturnos e termorregulação tigmotérmica, o uso de cavidades naturais como abrigo por espécies de répteis é incipiente, dada a diversidade de hábitos ecológicos o ambiente cavernícola pode ser explorado de forma diferente por espécies diferentes, onde pode ser um abrigo recorrente para *P. pollicaris* dada a sua não dependência de radiação solar direta e hábitos de caça por espreita favorecendo um uso contínuo, como um sítio de forrageio para espécies da Família Tropicuridae, que provavelmente tendem a utilizar o ambiente apenas em busca de alimento.

A diversidade de abrigos naturais pode influenciar na ocorrência de morcegos em cavidades naturais. Como esses animais não apresentam restrição a utilização de abrigos, podem abrigar-se em cavernas (BREDT et al., 1999; ESBÉRARD et al., 2005), locais de pedra (PERACCHI & ALBUQUERQUE, 1971), ocos de árvores (SIMMONS & VOSS, 1998; LASSO & JARRÍN., 2005), cupinzeiros (PATTERSON, 1992) e construções humanas (PERACCHI & ALBUQUERQUE, 1986; ESBÉRARD et al., 1996a).

A comunidade de quirópteros registrada é constituída por espécies plásticas e com grande capacidade de adaptação a alterações ambientais, com ampla distribuição geográfica e registrada também em outros biomas. Apesar disso, desempenham um papel de importância para a regeneração dos ambientes naturais, permitindo a dispersão de sementes, polinização de diversas plantas e controle/predação de insetos. Morcegos apresentam um alto poder de deslocamento, resultante da sua capacidade de locomoção (OFFERMAN et al., 1995; TURNER, 1996; SCHULZE et al., 2000; ESTRADA & COATES-ESTRADA, 2001), suavizando assim, os efeitos da perda de habitat em ambientes alterados (ESTRADA et al., 1994; ESTRADA & COATES-ESTRADA, 1996; LAW et al., 1999), podendo estes, se deslocar em grandes distâncias em busca de alimento, assim criando oportunidades de várias espécies explorarem vários ambientes em uma única noite (COSTA et al., 2006; MENEZES et al., 2008; GREENHALL et al., 1983).

A alta disponibilidade de abrigos (cupinzeiros, árvores ocas, etc) na região, associada a baixa diversidade de grandes cavernas que poderiam fornecer melhores condições de abrigo, como zonação afótica ou de penumbra escura, grandes dimensões que permitam a permanência de grandes colônias e abrigo de predadores podem influenciar na riqueza de espécies utilizando cavernas como abrigos. O mosaico vegetacional da região pode apresentar melhores condições ambientais que permitam sua ocupação pelas espécies de morcegos da região.

Por fim, ao analisar espécies encontradas neste estudo, pode-se afirmar que nenhuma delas está incluída na lista oficial de espécies nacionais ameaçadas discriminadas na Portaria N° 444 de dezembro de 2014 do Ministério do Meio Ambiente.

11 ATENDIMENTO ÀS CONDICIONANTES - LICENÇA DE COLETA BIOESPELEOLÓGICA – AUTORIZAÇÃO IBAMA Nº 801/2017

O levantamento de fauna realizado para a Caracterização Bioespeleológica das cavidades identificadas na área diretamente afetada – ADA e no entorno de 250 metros do reservatório da UHE Canto do Rio, prevista para ser implantada nos municípios de Santa Filomena (PI), Alto Parnaíba (MA) e Tasso Fragoso (MA), foi realizado mediante Autorização de Captura, Coleta e Transporte de material biológico emitida pelo IBAMA/DF processo nº 02001.006384/2011-51, Autorização nº 801/2017, com validade até 17 de março de 2018. As condicionantes associadas à emissão dessa autorização serão apresentadas a seguir e respondidas conforme solicitado pelo órgão responsável. São elas:

1. CONDICIONANTES GERAIS:

1.1. *Válida somente sem emendas e/ou rasuras.*

Atendimento: Cópia do documento consta no Anexo 7. No mesmo pode se observar a integridade das informações.

1.2. *O IBAMA, mediante decisão motivada, poderá modificar as condicionantes, bem como suspender ou cancelar esta autorização caso ocorra:*

1.2.1. *Violação ou inadequação de quaisquer condicionantes ou normas legais;*

1.2.2. *Omissão ou falsa descrição de informações relevantes que subsidiaram a expedição da autorização; e*

1.2.3. *superveniência de graves riscos ambientais e de saúde.*

1.3. *A ocorrência de situações descritas nos itens 1.2.1 e 1.2.2 acima sujeita os responsáveis, incluindo toda a equipe técnica, à aplicação de sanções previstas na legislação pertinente (Decreto 6.514, de 28 de julho de 2008).*

1.4. *O pedido de renovação, caso necessário, deverá ser protocolado 30 (trinta) dias antes de expirar o prazo de validade desta autorização,*

1.5. *Todos os profissionais envolvidos deverão estar com seus CTF regularizados durante todo o período desta autorização.*

Atendimento: Os itens de 1.2 a 1.4 foram observados pela equipe técnica responsável. Os CTFs de todos os profissionais envolvidos no estudo constam no Anexo 8 deste documento.

1.6. *Qualquer alteração nos membros da equipe técnica ou coordenador deverá ser comunicado ao IBAMA.*

Atendimento: Não houve alteração da equipe técnica envolvida.

1.7. *A renovação somente poderá ser concedida após o cumprimento das condicionantes específicas listadas nesta autorização.*

2. CONDICIONANTES ESPECÍFICAS

2.1. *Esta autorização não permite a captura de animais silvestres além das áreas de influência do empreendimento UHE Canto do Rio;*

Atendimento: A captura de animais silvestres foi realizada apenas nas cavidades que se encontram na área de influência do empreendimento UHE Canto do Rio.

2.2. *Apresentar, em prazo máximo 30 dias, as declarações de aptidão dos técnicos Thiago dos Santos e Elmir Lúcio Borges Filho e da coordenação geral;*

Atendimento: A declaração de aptidão dos técnicos listados foi enviada ao IBAMA/MA em 6 de abril de 2017 sob os cuidados do Sr. Rogério Funo. O prazo, portanto, foi atendido. O recebimento foi no dia 10 de abril de 2017 pelo funcionário João Carvalhal Miranda (matrícula 0680885 – IBAMA/MA), conforme comprovação apresentada no Anexo 9.

2.3. *Todos os procedimentos e métodos de fixação e conservação dos espécimes enviados para tombamento deverão seguir rigorosamente as recomendações feitas pela instituição recebedora;*

Atendimento: Os espécimes coletados nos dois períodos de coleta (período úmido e período seco), após morfotipagem e comparações das identificações, estão sendo preparados para depósito seguindo rigorosamente as orientações das instituições. As cartas de aceite das instituições depositárias se encontram no Anexo 7.

2.4. *Encaminhar declaração de recebimento original emitida pela instituição de depósito, contendo a quantidade de espécimes recebidos, o número de identificação em campo de cada indivíduo e sua espécie;*

Atendimento: As cartas de recebimento das instituições de depósito são apresentadas no Anexo 7.

2.5. Realizar a campanha do período seco entre os meses de agosto e novembro;

Atendimento: A campanha de coleta no período seco foi realizada entre os dias 02 e 05 de agosto de 2017.

2.6. Os relatórios deverão ser rubricados em todas as páginas pelo coordenador geral dos estudos e pelo coordenador do projeto; e ao final, deverão ser assinados pela equipe técnica.

Atendimento: Este requisito está sendo observado.

2.7. A apresentação dos resultados deverá incluir justificativa técnica para a não inclusão das demais cavidades identificadas na AID, além de incluir metodologia detalhada da prospecção espeleológica, data da prospecção, duração e mapa de caminhamento sobreposto à AID e ADA do empreendimento.

Atendimento: A prospecção referente à ADA e AID da área do empreendimento foi realizada sob a responsabilidade da empresa SOMA CONSULTORIA AMBIENTAL, sendo que os trabalhos foram coordenados pelo Professor Dr. Claudio Eduardo de Castro, no período de 07 a 16 de julho de 2016, sendo encontradas 47 feições. Os resultados desta prospecção, acompanhado da metodologia detalhada, data de prospecção, duração e mapa de caminhamento foram apresentados ao IBAMA/Maranhão e IBAMA/Sede através das cartas MPCH-CRI-MAM-CTE-001-2017 e MPCH-CRI-MAM-CTE-002-2017, respectivamente, no âmbito do atendimento às informações complementares do EIA em janeiro de 2017. De todo modo, esta prospecção encontra-se reapresentada em formato digital no Anexo 10 deste documento.

A licença de captura e coleta de fauna solicitada para a realização da caracterização bioespeleológica contemplou 11 feições, sendo essas as que se encontram na ADA (1 feição) e entorno de 250 metros da ADA (10 feições). As demais feições que não foram objeto do estudo bioespeleológico se encontram fora da AID, estando além do entorno de 250 metros da ADA e por isso não foram incluídas no pedido de licença.

Das 11 feições que tiveram autorização de coleta, 04 foram consideradas cavidades e as demais caracterizadas como reentrâncias em função de suas características e dimensões, conforme descrito anteriormente de forma mais detalhada no Capítulo 7 deste documento.

12 ANÁLISE DE RELEVÂNCIA

A análise de relevância dos atributos para as 04 cavidades existentes na área diretamente afetada – ADA e no entorno de 250 m do reservatório da UHE Canto do Rio, localizadas nos municípios de Santa Filomena – PI, Alto Parnaíba - MA e Tasso Fragoso – MA foi efetuada através dos parâmetros e metodologias definidas no Decreto nº 6.640 de 07/11/08, assim como na Instrução Normativa nº 2, de 21/08/09, do Ministério do Meio Ambiente – MMA.

12.1 Metodologia

De acordo com o Decreto nº 6.640/2008 em seu Artigo 2º, §1º, “A análise dos atributos geológicos, para a determinação do grau de relevância, deverá ser realizada comparando cavernas da mesma litologia”. O primeiro passo foi a discriminação do grupo de rochas em que as cavernas se inserem. O segundo passo foi à definição das escalas local e regional de análise. Os atributos estabelecidos pelo novo instrumento jurídico deverão ser avaliados sob o enfoque regional e sob o enfoque local.

Instrução Normativa MMA nº 2/2009, no seu Art. 14, §1º, define para o **enfoque local** uma unidade geomorfológica que apresente continuidade espacial, podendo abranger feições como serras, morrotes ou sistema cárstico, o que for mais restritivo em termos de área, desde que contemplada a área de influência da cavidade.

Neste mesmo instrumento legal foi dada uma nova definição para o **enfoque regional**, ou seja, uma área com homogeneidade fisiográfica, geralmente associada à ocorrência de rochas solúveis, que pode congrega diversas formas do relevo cárstico e pseudocárstico tais como dolinas, sumidouros, ressurgências, vales cegos, lapiás e cavernas, delimitada por um conjunto de fatores ambientais específicos para a sua formação. Essa área homogênea foi definida como unidade espeleológica.

O terceiro passo consistiu na realização de pesquisas na bibliografia especializada, composta por revistas e anais de congressos de espeleologia, bem como, ao Banco de Dados do CECAV, no intuito de levantar dados regionais (dados secundários) para atender à Instrução Normativa MMA nº 2/2009. A obtenção dos dados primários se deu em levantamento de campo, seguindo-se as orientações da Instrução Normativa MMA nº 02/2009.

Finalmente o último passo foi extrair dos dados primários e secundários selecionados para a análise de relevância das cavidades deste relatório. Estes dados foram compilados em tabelas para a realização das análises estatísticas de cada grupo de estudo, quais sejam topografia e geoespeleologia. Posteriormente, as informações e os dados coletados foram inseridos na tabela de relevância da Instrução Normativa MMA

n° 02/2009. Cada atributo foi avaliado com relação a sua importância para a cavidade sob enfoque local e regional.

12.2 Discriminação Litológica

A rocha onde as cavernas da área se desenvolvem tem composição arenítica de forma predominante, subordinadamente a composição é conglomerática ou pelítica. As cavidades podem ser agrupadas no conjunto de rochas siliciclásticas.

Os litotipos podem ser associados à Formação Piauí do Grupo Balsas, inserida nos domínios da Bacia Sedimentar do Parnaíba.

12.3 Definição das escalas Local e Regional

A escala regional de análise é composta pela Unidade Espeleológica denominada Grupo Balsas. A escala local de análise foi definida pela Unidade Geomorfológica Vãos do Alto Parnaíba. A Figura 42 mostra a localização das cavidades no contexto local e regional.

O conjunto **amostral local** foi composto por **124** cavidades, sendo: 04 cavidades analisadas neste estudo e 120 outras cavidades localizadas na Unidade Geomorfológica Vãos do Alto Parnaíba. A **escala regional** de análise contemplou: 124 cavidades pertencentes à Amostra Local mais 68 cavidades localizadas em escarpas das margens do Rio Tocantins (UHE Estreito), totalizando assim **192** cavidades.

A lista com todas as cavidades e os dados espeleométricos utilizados na comparação das dimensões, tanto na escala local como regional, constam no Anexo 1.

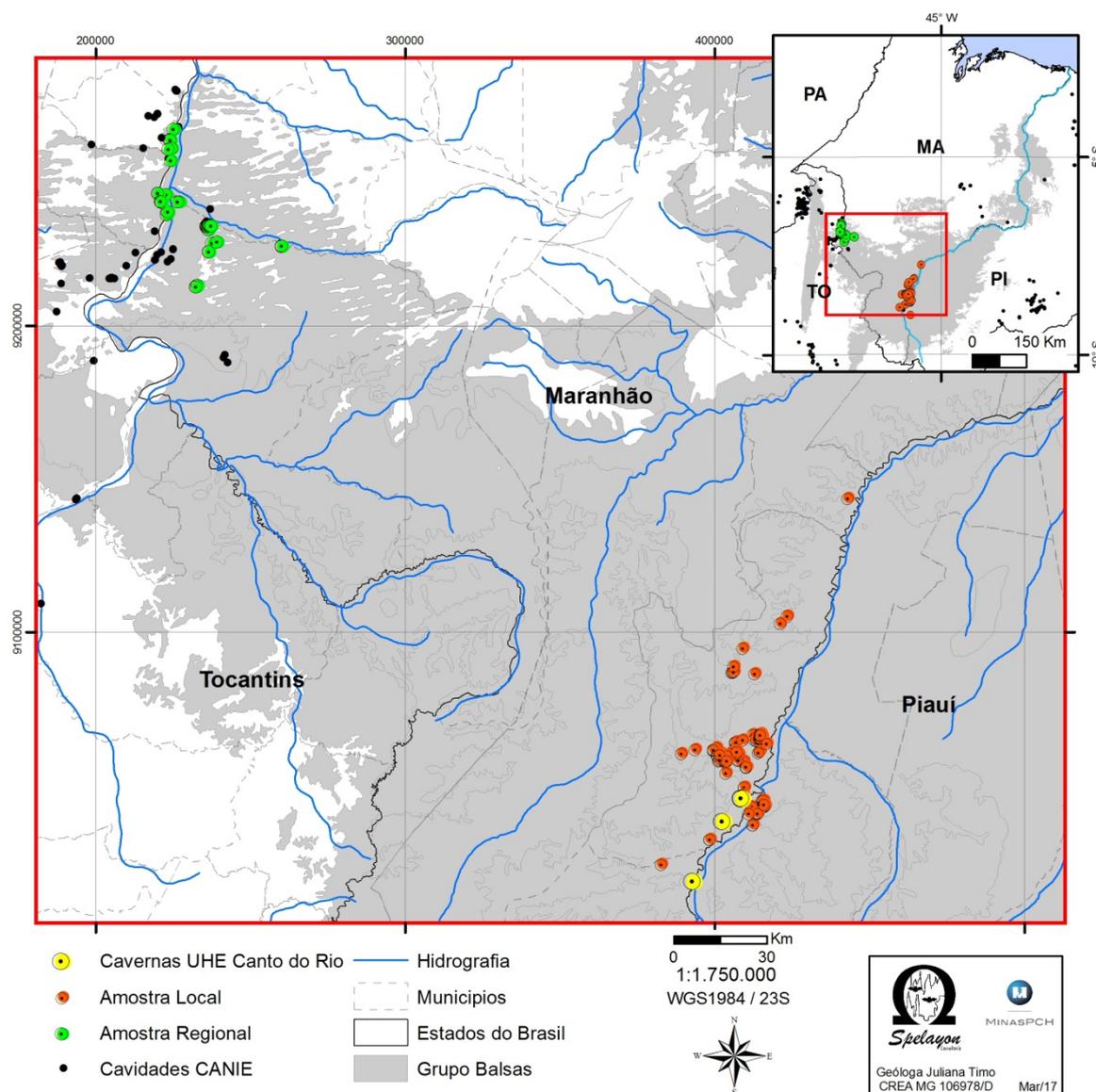


Figura 42: Representação da Amostra Local e Amostra Regional utilizadas no estudo.

12.4 Cálculos espeleométricos

Para o cálculo das variáveis espeleométricas, a IN MMA n° 02/2009 estabelece que os limites entre as classes de relevância devem ser definidos levando em conta a média (μ) e o desvio padrão (σ) do conjunto de cavidades tomado como referência. Dessa forma, para efeito de classificação da relevância, serão considerados baixos os valores menores ou iguais a ($< [\mu - \sigma]$). Serão considerados altos os valores maiores ou iguais a ($> [\mu + \sigma]$). Serão considerados médios valores entre ($[\mu - \sigma] < x < [\mu + \sigma]$).

A média e o desvio padrão foram calculados para a amostra regional (Unidade Espeleológica Grupo Balsas) e local (Unidade Geomorfológica Vãos do Alto Parnaíba).

Para cada parâmetro espeleométrico o tamanho da amostra variou, de acordo com o número de cavidades que apresentavam o dado. A Tabela 20 apresenta o número de cavidades comparadas em cada parâmetro. É importante ressaltar que para área e

volume em escala local estão sendo considerados apenas os valores das cavidades analisadas neste estudo. Isso ocorre devido à falta de informações para esses dados disponíveis para a unidade Geomorfológica Vãos do Alto Parnaíba.

Tabela 20: Número de cavidades analisadas na comparação de cada parâmetro espeleométricos.

Escala	Número de Cavidades			
	Projeção Horizontal	Desnível	Área	Volume
Regional	192	73	51	51
Local	124	141	4	4

Os valores da média e desvio padrão, assim como os limites entre as classes de relevância (alta, média ou baixa), calculados para cada parâmetro podem ser visualizados nas tabelas a seguir.

Tabela 21: Cálculo dos dados espeleométricos da amostra regional.

Parâmetros Regionais	Projeção Horizontal (m)	Área (m ²)	Desnível (m)	Volume (m ³)
MÉDIA	7,14	14,27	1,50	22,94
DESVIO PADRÃO	6,33	14,01		34,12
ALTO (> $\mu + \sigma$)	13,47	28,28	> 1,70	57,07
BAIXO (< $\mu - \sigma$)	0,80	0,26	< 1,70	-11,18 ¹
MÉDIO - Intervalo entre ($\mu - \sigma$) e ($\mu + \sigma$)	0,80 < X < 13,47	0,26 < X < 28,28		-11,18 < X < 57,07

Tabela 22: Classificação dos parâmetros espeleométricos das cavidades estudadas de acordo com a amostra regional.

Cavidade	PH (m)	Classificação	Desnível (m)	Classificação	Área (m ²)	Classificação	Volume (m ³)	Classificação
Caverna Dá Pra Dormir	6,18	MÉDIO	2,09	ALTO	13,24	MÉDIO	24,28	MÉDIO
Caverna Francisco	6,48	MÉDIO	3,94	ALTO	27,66	MÉDIO	31,47	MÉDIO
Caverna Morcego Encantado	3,29	MÉDIO	1,83	ALTO	17,05	MÉDIO	28,81	MÉDIO
Caverna Lasca Abrigo	2,22	MÉDIO	0,73	BAIXO	9,76	MÉDIO	6,2	MÉDIO

Tabela 23: Cálculo dos dados espeleométricos da amostra local.

Parâmetros Regionais	Projeção Horizontal (m)	Área (m ²)	Desnível (m)	Volume (m ³)
MÉDIA	8,08	16,93	1,70	22,69
DESVIO PADRÃO	7,52	6,71		9,86
ALTO (> $\mu + \sigma$)	15,60	23,64	> 1,70	32,55
BAIXO (< $\mu - \sigma$)	0,56	10,22	< 1,70	12,83
MÉDIO - Intervalo entre ($\mu - \sigma$) e ($\mu + \sigma$)	0,56 < X < 15,60	10,22 < X < 23,64		12,83 < X < 32,55

¹ Os valores negativos se justificam pelo grande desvio padrão encontrado para os volumes das cavidades analisadas na amostra regional. Nessa amostra ocorrem algumas cavidades com valores de volume muito acima da média, elevando assim o valor do desvio padrão.

Tabela 24: Classificação dos parâmetros espeleométricos das cavidades estudadas de acordo com a amostra local.

Cavidade	PH (m)	Classificação	Desnível (m)	Classificação	Área (m ²)	Classificação	Volume (m ³)	Classificação
Caverna Dá Pra Dormir	6,18	MÉDIO	2,09	ALTO	13,24	MÉDIO	24,28	MÉDIO
Caverna Francisco	6,48	MÉDIO	3,94	ALTO	27,66	ALTO	31,47	MÉDIO
Caverna Morcego Encantado	3,29	MÉDIO	1,83	ALTO	17,05	MÉDIO	28,81	MÉDIO
Caverna Lasca Abrigo	2,22	MÉDIO	0,73	BAIXO	9,76	BAIXO	6,2	BAIXO

Dimensões notáveis em extensão, área e volume, definem relevância máxima para a cavidade, de acordo com a IN MMA n° 02/2009. Neste estudo, foi considerada dimensão notável valores 5 vezes maiores que a média calculados para a amostra regional. A metodologia utilizada será mais bem detalhada no item que trata dos atributos de relevância máxima.

12.5 Os cálculos de Riqueza de Espécies, Abundância Relativa de Espécies e Diversidade de Substratos Orgânicos

Para o cálculo da riqueza, foram consideradas médias aquelas dentro do intervalo da média \pm desvio padrão; riqueza alta acima desse intervalo de valores; e riqueza baixa abaixo desse intervalo de valores. As médias das riquezas foram calculadas utilizando as cavidades analisadas neste estudo. Para isso foi utilizada a fórmula $M=Rt/Nc$, onde: M – média da riqueza; Rt – Soma das riquezas das cavidades estudadas; Nc– número de cavernas amostradas. Após o cálculo da média foi feito o cálculo do desvio padrão com a seguinte fórmula:

$$\sqrt{\frac{\sum (x - \bar{x})^2}{(n-1)}}$$

Onde: x – média da amostra; n – tamanho da amostra.

Foram consideradas “alta riqueza de espécie” cavidades que obtiveram valores de riqueza iguais ou maiores que 21 espécies. Foram consideradas como “média riqueza de espécie” cavidades que obtiveram valores iguais ou maiores que 18 espécies e valores iguais ou menores que 20 espécies. As cavidades que obtiveram valores de riqueza iguais ou menor que 17 espécies foram consideradas como “baixa riqueza de espécie”.

A abundância relativa de espécies foi calculada utilizando indivíduos das espécies com adultos de tamanho corporal igual ou maior que 1 cm. Através da abundância dessas espécies nas cavernas estudadas, foram calculadas as médias \pm desvio padrão para obter os intervalos de valores para as abundâncias baixa, média e alta, como explicado abaixo:

- (1) abundância mínima de cada espécie foi considerada com o menor valor encontrado da determinada espécie para as cavernas estudadas;
- (2) abundância máxima com o maior valor encontrado;
- (3) abundância média foi a soma das abundâncias da determinada espécie dividida pela quantidade de cavernas onde a espécie ocorreu;
- (4) o desvio padrão foi calculado e somado com a média para que o valor de abundância relativa alta fosse estabelecido para cada espécie.

As espécies que possuíam abundância alta em determinada caverna foram somadas e feita sua porcentagem de acordo com a fórmula $AB=N*100/Nt$, onde: AB= Abundância relativa de espécies por caverna; N= Número de espécies com abundância alta; Nt= Número total de espécies maiores que 1 cm encontradas na caverna. A partir do valor (%) encontrado, seguiu-se a nota de corte estipulada pela IN MMA nº 2/2009.

Assim, de acordo com a IN nº 2, MMA/09, para se considerar uma cavidade na categoria “Alta”, 30% ou mais das populações utilizadas no cálculo tem que apresentar valores de abundância superiores à média + desvio padrão. A cavidade se enquadra na categoria “Baixa”, quando menos de 10% das populações apresentam abundância com valores superiores à média + desvio padrão. Devido a um equívoco presente na IN nº 2, MMA/09 não estão contemplados os valores na faixa de 21% a 29%, mas neste estudo foram categorizadas como “Média” as cavidades que apresentaram de 10 a 29% de populações com valores de abundância superiores à média + desvio padrão. Para o atributo de “Abundância”, todas as comparações são feitas entre populações de uma mesma espécie, localizada em cavidades distintas.

A diversidade de substratos orgânicos foi definida de acordo com a avaliação qualitativa dos substratos, sendo considerados 7 tipos diferentes (guano, material vegetal, detritos, raízes, carcaças, fezes de vertebrados não-voadores e bolotas de regurgitação). Onde houver a presença de 4 a 7 tipos, a diversidade foi considerada alta e de apenas 1 a 3 foi considerada baixa.

12.6 Graus de Relevância das Cavidades

As cavidades com grau de relevância máximo devem possuir pelo menos um dos atributos listados: (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 de 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; ou (XI) destacada relevância histórico-cultural religiosa.

A cavidade natural subterrânea com grau de relevância alto é aquela cuja importância de seus atributos seja considerada:

I - acentuada sob enfoque local e regional; ou

II - acentuada sob enfoque local e significativa sob enfoque regional.

A cavidade natural subterrânea com grau de relevância médio é aquela cuja importância de seus atributos seja considerada:

I - acentuada sob enfoque local e baixa sob enfoque regional; ou

II - significativa sob enfoque local e regional.

Entende-se por cavidade natural subterrânea com grau de relevância baixo aquela cuja importância de seus atributos seja considerada:

I - significativa sob enfoque local e baixa sob enfoque regional; ou

II - baixa sob enfoque local e regional.

Para a obtenção do grau de relevância de uma caverna a IN MMA nº 2/2009 define diversos parâmetros físicos, biológicos e culturais, que juntamente com as escalas de análise definirão se a cavidade representa relevância alta, média ou baixa. A Figura 43 apresenta o fluxograma para a classificação do grau de relevância.

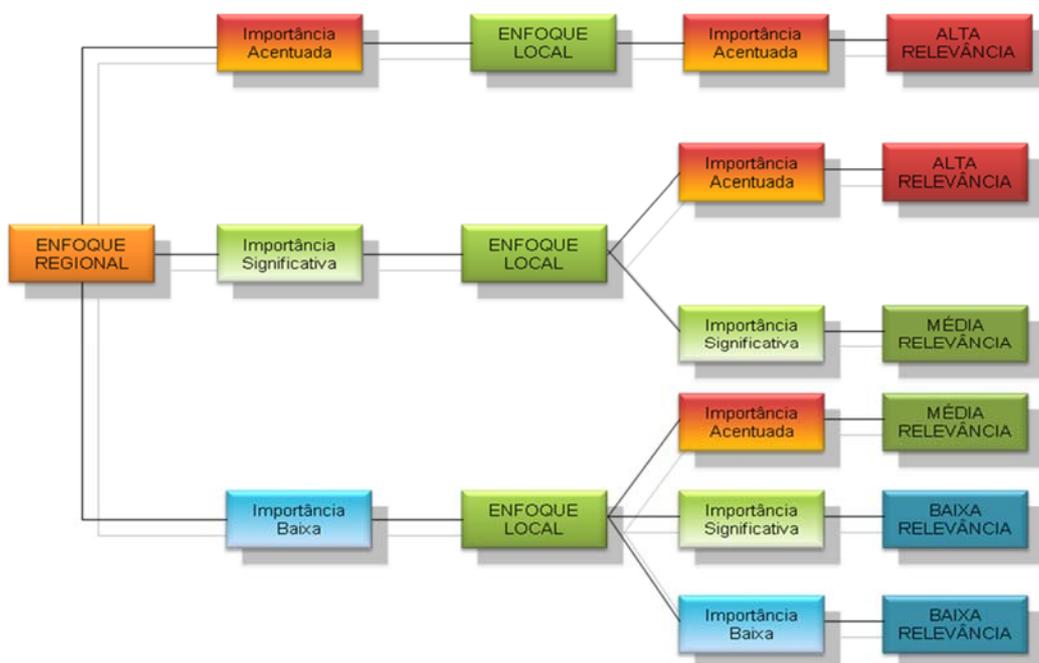


Figura 43: Chave para a classificação do grau de relevância das cavidades naturais subterrâneas, segundo a Instrução Normativa Nº 2, do MMA.

12.6.1 Atributos de Relevância Máxima

Entende-se por cavidade natural subterrânea com relevância máxima aquela que possui pelo menos um dos atributos listados na Tabela 25, a seguir.

Tabela 25: Atributos físicos, histórico-culturais e biológicos considerados de Relevância Máxima.

	Atributos considerados de relevância máxima	Cavidades
Físicos e histórico-culturais	I. Gênese única ou rara;	-
	II. Morfologia única;	-
	III. Dimensões notáveis em extensão, área e volume;	-
	IV. Espeleotemas únicos;	-
	V. Isolamento geográfico;	-
	X. Cavidade testemunho;	-
	XI. Destacada relevância histórico cultural ou religiosa;	-
Biológicos	VI. Abrigo essencial para a preservação de populações geneticamente viáveis de espécies animais em risco de extinção, constantes de 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.	-

Gênese única ou rara

Considerou-se como única ou rara as gêneses que não são comuns no contexto (regional e local) das cavidades analisadas. Cavernas originadas por processos endógenos, em brecha hidráulica, brecha de colapso e tufas calcárias são exemplos de cavidades com gênese rara. É importante ressaltar que para caracterizar uma cavidade como tendo gênese única ou rara tem-se que analisar o contexto hidrológico, geológico, geomorfológico e litológico da região onde está inserida essa cavidade. Sendo assim, nenhuma das cavidades analisadas neste estudo apresentou gênese única ou rara, pois todas as cavidades oferecem indícios de formação comuns (formados por processos exógenos) como erosão fluvial, abatimento e ampliação de canalículos. Na maioria dos casos esses processos ocorrem de maneira associada.

Morfologia única

A morfologia está ligada aos processos genéticos de formação da cavidade. Consideraram-se as formas observadas nas paredes, teto e piso dos condutos e também a morfologia geral (ou padrão planimétrico) da caverna, que é verificado após o mapeamento da mesma. Diante disto, as cavidades analisadas não apresentaram nenhum diferencial em relação à forma e organização dos condutos, quando comparadas com outras cavidades de mesma litologia (local e regional).

Dimensões Notáveis em extensão, área e volume

Os valores para determinação de dimensões notáveis foram definidos com base na amostra regional utilizada para comparação com as cavidades estudadas neste relatório. Determinou-se que esses valores de dimensões notáveis corresponderiam ao limite da média multiplicada por cinco: ($\mu * 5$). Foi adotado o limite de cinco vezes a média, pois se acredita que esse valor possibilita a preservação de cavidades com dimensões consideráveis em termos do conjunto regional e da litologia em que ela se encontra. Sendo assim, de acordo com a Tabela 26 temos os seguintes valores de corte para dimensão notável dos parâmetros espeleométricos: **35,70 m** para projeção horizontal; **71,35 m²** para a área; **114,70 m³** para o volume.

Tabela 26: Valores de corte para dimensões notáveis.

Parâmetro	Projeção Horizontal (m)	Área (m ²)	Desnível (m)	Volume (m ³)
MÉDIA	7,14	14,27	*	22,94
NOTÁVEL (5 x μ)	35,70	71,35	*	114,70

Nenhuma das cavidades da amostra possui dimensões notáveis de projeção horizontal, área e volume. As maiores dimensões encontradas nas cavidades do estudo foi na cavidade Francisco que apresentou 6,48 m de projeção horizontal, 27,66 m² de área e 31,47 m³ de volume.

Espeleotemas únicos

Considerou-se como espeleotemas únicos aqueles que são pouco comuns no contexto local e regional estudado e que possuem singularidades na sua formação. Não foi observado nenhum tipo de espeleotema nas cavidades estudadas.

Isolamento Geográfico

Considerou-se como cavidade com isolamento geográfico aquela que não possui outras cavidades próximas (conhecidas) na escala local. A escala local foi definida como sendo a mesma unidade geomorfológica. Sendo assim, nenhuma das cavidades analisadas no estudo apresenta isolamento geográfico, pois a área analisada está inserida em um contexto espeleológico com ocorrência de outras cavidades.

Cavidade testemunho

Foram consideradas cavidades testemunho as que foram resguardadas como forma de compensação pelos impactos sofridos à outra cavidade. Além disso, consideramos também como cavidade testemunho aquela que apresente algum vestígio (seja a constituição dos espeleotemas, dos depósitos sedimentares) que possa nos contar (testemunhar) a história de algum evento climático e/ou paleontológico ocorrido em

tempos pretéritos. Diante do explicitado nenhuma das cavidades analisadas se enquadrou no parâmetro cavidade testemunho.

Não existe cavidade resguardada como forma de compensação no conjunto estudado. Também não ocorrem depósitos sedimentares expressivos, que possam representar algum processo ambiental ou paleoambiental.

Destacada relevância histórico-cultural ou religiosa

Considerou-se como uma cavidade de relevância histórico-cultural aquela que apresenta algum testemunho histórico ou pré-histórico de ocupação como artefatos e fósseis. Como destacada relevância religiosa considerou-se as cavidades que apresentavam e/ou apresentam expressiva utilização para fins religiosos, por exemplo, romarias e altares. A real relevância para a cavidade ao analisarmos esse parâmetro deve ser dada pelo órgão competente (IPHAN). Diante disso, nenhuma das cavidades da amostra foi considerada como tendo destacada relevância histórico-cultural.

Abrigo essencial para a preservação de populações geneticamente viáveis de espécies animais em risco de extinção, constantes de listas oficiais

Para análise desse atributo foi observado se havia a presença de espécies ameaçadas de extinção da fauna nacional conforme listas oficiais (MMA, 2014). Neste estudo não ocorreu espécies que constem nestas listas oficiais (federal e estaduais) de espécies brasileiras ameaçadas de extinção. No Anexo 5 é apresentada a lista de espécies encontradas em cada cavidade do estudo.

Habitat essencial para preservação de populações geneticamente viáveis de espécies de troglóbios endêmicos ou relictos

Entende-se como habitat essencial para preservação de populações geneticamente viáveis de espécies de troglóbios endêmicos ou relictos, as cavidades onde esses organismos são/foram encontrados em quantidade suficiente de indivíduos que permita a reprodução e manutenção da população.

São considerados troglóbios relictos, espécies encontradas em certas áreas ou habitat isolados, remanescente de fauna anteriormente dotado de distribuição ampla. Ou seja, é um organismo que no passado foi abundante em um território amplo e que agora se encontra apenas em pequenas áreas deste território. Neste estudo não ocorreu espécies que foram caracterizadas nesse atributo.

Habitat de troglóbio raro

Entendem-se como habitat de troglóbio raro as cavidades onde são/foram encontrados exemplares de troglóbios raros. Não ocorreu espécies que foram caracterizadas nesse atributo no presente estudo.

Interações ecológicas únicas

Caracterizam-se por interação ecológica única, atividades desempenhadas pelos organismos residentes na cavidade, sejam elas definidas entre indivíduos de mesma espécie ou espécies distintas, que não tenham sido registradas pela ciência ou que sejam definidas como singulares pelos especialistas.

Nenhumas das cavidades analisadas apresentaram ocorrência de interações ecológicas duradouras, raras ou incomuns com as espécies identificadas neste estudo, que fossem visíveis as visitas executadas pelos profissionais.

12.6.2 Os graus de importância das cavidades para classificação das relevâncias alta, média e baixa

➤ Importância Acentuada sob Enfoque Local e Regional

A Tabela 27 apresenta a síntese dos atributos biológicos, físicos e histórico-culturais analisados em termos de importância acentuada sob enfoque local e regional.

Tabela 27: Atributos considerados de importância acentuada sob enfoque local e regional para classificação do grau de relevância.

	Atributos considerados de importância acentuada sob enfoque local e regional	Cavidades
Biológicos	I. Localidade Tipo;	-
	II. Presença de populações estabelecidas de espécies com função ecológica importante;	Caverna do Francisco e Caverna Dá Pra Dormir
	III. Presença de táxons novos;	-
	IV. Alta riqueza de espécies;	Caverna Dá Pra Dormir e Caverna Lasca do Abrigo
	V. Alta abundância relativa de espécies;	Caverna Francisco, Caverna Dá Pra Dormir, Caverna Morcego Encantado e Caverna Lasca do Abrigo
	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;	Caverna do Francisco
	XI. Presença de espécie rara;	-
Físicos e histórico-culturais	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 sistemática na cavidade, com abrangência regional ou nacional.	-

Localidade Tipo

É considerada localidade-tipo a cavidade onde foi capturado exemplar tipo de espécime/indivíduo na qual um autor se baseou para realizar a descrição de um determinado táxon. Nenhuma das cavidades apresentou espécie que em algum momento tenha sido descrita pela ciência, utilizando estas coordenadas como de local de descrição.

Presença de populações estabelecidas de espécies com função ecológica importante

Trata-se da ocorrência de espécies com função ecológica importante (polinizadores, dispersores de sementes e insetívoros) que possuam relação significativa com a cavidade.

Os morcegos com função ecológica importante que são aqueles que auxiliam no controle de populações de diversos insetos ou vertebrados e são responsáveis pela dispersão e polinização de alta variedade de flores e frutos. As populações seriam estabelecidas quando as espécies ocorreram na mesma cavidade em ambas as coletas sazonais do estudo.

Entre o conjunto analisado, apenas as cavidades **Caverna do Francisco** e **Caverna Da pra Dormir** apresentaram populações estabelecidas com função ecológica importante, devido à ocorrência de mesma espécie com essas características em ambas as coletas sazonais deste estudo. As espécies com seus respectivos hábitos alimentares e registros sazonais estão inseridos na tabela a seguir:

Tabela 28: Ocorrência de espécies com função ecológica importante nas cavidades do projeto.

Família	Subfamília	Espécie	Hábito Alimentar	Período Chuvoso	Período Seco
Phyllostomidae	Carollinae	<i>Carollia brecicauda</i>	Fruvígoro	Caverna do Francisco	Caverna do Francisco
Emballonuridae	Emballonurinae	<i>Peropteryx trinitatis</i>	Nectarívoro	Caverna Da pra Dormir	Caverna Da pra Dormir

Presença de táxons novos

Caracteriza-se por novos táxons as espécies que ainda não foram descritas no meio científico. A partir desta definição não houve morfoespécie sinalizada pelos especialistas que tivesse a possibilidade de ser um indivíduo novo para a ciência.

Alta riqueza de espécies

Os valores de riqueza foram obtidos de acordo com a lista de espécies encontradas, obtendo-se uma média e o desvio padrão do conjunto de cavidades presentes na área de estudo. Sendo assim, a riqueza foi considerada alta para valores igual ou maior que

21 espécies. Os cálculos de riqueza são mais bem explicados no item 10.2.9. No presente estudo as cavidades **Caverna Dá Pra Dormir e Caverna Lasca do Abrigo** apresentaram alta riqueza de espécies como demonstra a tabela a seguir:

Tabela 29: Classificação da riqueza das cavidades de acordo com a IN 02/2009.

CAVIDADES	RIQUEZA	CLASSIFICAÇÃO PELA IN
Caverna Francisco	18	MÉDIA
Caverna Dá Pra Dormir	21	ALTA
Morcego Encantado	17	BAIXA
Caverna Lasca do Abrigo	21	ALTA

Alta abundância relativa de espécies

As abundâncias das espécies foram analisadas em separado, para cada espécie, e definido qual seria o valor a ser considerado como alta abundância. Após essa definição, foram somadas as espécies com alta abundância de cada cavidade. Dessa forma, cavidades com pelo menos 30% de espécies com abundância alta foram consideradas com alta abundância relativa de espécies. Os cálculos de abundância estão explicitados no item 10.2.10.

No presente estudo todas as cavidades atingiram números de morfoespécies com alta abundância conforme demonstra a tabela a seguir:

Tabela 30: Classificação da abundância relativa das cavidades de acordo com a IN 02/2009.

Cavidade	Riqueza total de espécies	Total de espécies com alta abundância	AB(%)=n*100/N	Corte IN
Caverna Francisco	5	3	60,00	ALTA
Caverna Dá Pra Dormir	6	4	66,67	ALTA
Morcego Encantado	4	2	50,00	ALTA
Caverna Lasca do Abrigo	2	1	50,00	ALTA

Presença de composição singular da fauna

Considera-se com a presença de composição singular da fauna as cavidades que apresentam populações de espécies que não são comuns ao ambiente cavernícola. Nesse contexto nenhuma cavidade deste estudo apresentou aspectos que correspondessem a este quesito.

Presença de troglóbios que não sejam considerados raros, endêmicos ou relictos

Troglóbios são indivíduos restritos ao ambiente hipógeo, é comum nestes tipos de indivíduos características troglomórficas: caracteres adquiridos na história filogenética de uma linhagem de determinada espécie, surgidos aleatoriamente por mutações e selecionadas devido à pressão ambiental subterrânea. Contudo estudos recentes localizaram troglomorfismos em indivíduos fora do ambiente cavernícola (hipógeo), em ambientes edáficos, endógenos e no epicarste. Sendo assim, possíveis troglomorfismos

podem ser encontrados em espécies registradas no ambiente externo às cavidades. Diante deste cenário, para se comprovar que indivíduos coletados no interior das macrocavidades (cavernas) são de fato restritos a mesma, tem sido realizada diversas ampliações de amostra, coletando-se no meio epígeo: no entorno da cavidade “foco”; e coletas de amostras do meio edáfico e do epicarste. Sendo assim somente é considerado troglóbio o indivíduo portador de caracteres troglomórficos e que se encontra restrito ao ambiente cavernícola isolado, assim impedido de compartilhar sua carga genética com indivíduos do meio epígeo. Considerando estes dados somente poderíamos conferir a classificação de troglóbio a indivíduos que tenham sido descritos pela ciência e assim tenham registros confirmados de suas ocorrências e restrições biogeográficas. No presente estudo não houve organismos classificados como troglóbios, pois não apresentaram alterações morfológicas possíveis de serem caracterizadas com troglomorfismos.

Presença de espécies troglomórficas

Espécies troglomórficas são indivíduos portadores de alterações morfológicas que são adquiridos na história filogenética de uma linhagem de determinada espécie, surgidas aleatoriamente por mutações e estabelecidas por pressões ecológicas, e de acordo com a IN 02/2009 são relacionadas a isolamento em cavidades, entretanto podemos verificar troglomorfismo em organismos edáficos, endógenos e no epicarste. Podemos citar como características troglomórficas: anoftalmia ou redução de olhos, alongamento de apêndices, despigmentação corporal e aumento da presença de estruturas sensitivas (tricobotas). Nenhum organismo coletado e identificado neste estudo apresentou traços ou indícios de troglomorfismo tampouco indícios de tratar-se de organismo troglóbio.

Presença de troglóxeno obrigatório

Segundo Trajano & Bichuette (2006) troglóxenos são organismos regularmente encontrados no ambiente cavernícola, mas que necessariamente têm que retornar à superfície para se alimentarem, utilizam as cavernas como abrigo. Já os troglóxenos obrigatórios são troglóxenos que precisam necessariamente utilizar a cavidade para completar seu ciclo de vida, ou seja, a dependência em relação ao meio subterrâneo é obrigatória. Não foram encontrados organismos que se enquadram dentro dessa categoria.

Presença de população excepcional em tamanho

Para definir se uma cavidade apresenta ou não este parâmetro, foi analisado a população de cada espécie observada, para verificar se estava dentro dos padrões do número de indivíduo normalmente encontrados. O atributo em questão não apresenta

subsídio técnico para que seja atestado seguramente o que são populações excepcionais em tamanho. Baseando-se na amostra local, apenas a cavidade **Caverna do Francisco** apresentou uma colônia de morcegos mais expressiva. Porém, a espécie *Carollia brevicauda* pode formar grupos gregários com centenas de indivíduos, sendo muito maiores do que a colônia encontrada na cavidade em questão.

Tabela 31: Espécies com população excepcional em tamanho na área de estudo.

Família	Subfamília	Espécie	Hábito Alimentar	Cavidade	Nº de indivíduos	
					Estação Chuvosa	Estação Seca
Phyllostomidae	Carollinae	<i>Carollia brevicauda</i>	Frugívoro	Caverna do Francisco	41	08

Presença de espécie rara

Um dos conceitos de espécie rara é determinado pela sua distribuição restrita a algum ambiente, bioma ou micro-habitat. Cavidades são estruturas passíveis de ocorrerem espécies raras, dado seu ambiente peculiar e condições ambientais distintas o que confere pressões ambientais muito diversas do meio externo (CULVER, D. C. WHITE, W. B., 2005). Uma espécie pode ser determinada como rara também por sua população possuir tamanho restrito, seja por impactos aos ambientes ocorridos que dificultaram a sobrevivência da mesma, seja por características peculiares ao grupo. Não houve registro de organismos classificados como raros pelos especialistas ou determinado em bibliografia disponível.

Alta Projeção Horizontal da cavidade em relação às demais cavidades que se distribuem na mesma unidade espeleológica

Cavidades com alta projeção horizontal foram consideradas aquelas que apresentaram o valor deste parâmetro maior que a média mais o desvio padrão ($\mu + \sigma$) calculados para a amostra regional. Para as cavernas do estudo foram considerados os valores maiores que **13,47 m** como alta projeção horizontal.

Tabela 32: Projeção horizontal sob enfoque regional para cavidades da amostra.

Parâmetros Regionais	PH (m)
MÉDIA	7,14
DESVIO PADRÃO	6,33
ALTO ($> \mu + \sigma$)	13,47
BAIXO ($< \mu - \sigma$)	0,80
MÉDIO - Intervalo entre ($\mu - \sigma$) e ($\mu + \sigma$)	$0,80 < X < 13,47$

Ao analisar a projeção horizontal sob o enfoque regional para as cavidades do estudo, **nenhuma** das cavidades apresentou alta projeção horizontal.

Alta Área da projeção horizontal da cavidade em relação às demais cavidades que se distribuem na mesma unidade espeleológica

Cavidades com alta área da projeção horizontal foram consideradas aquelas que apresentaram o valor desse parâmetro maior que a média mais o desvio padrão ($\mu + \sigma$) calculados para a amostra regional. Para as cavernas do estudo foram considerados valores maiores que **28,28 m²** como alta área da projeção horizontal.

Tabela 33: Área da projeção horizontal sob enfoque regional para cavidades da amostra.

Parâmetros Regionais	Área (m ²)
MÉDIA	14,27
DESVIO PADRÃO	14,01
ALTO ($> \mu + \sigma$)	28,28
BAIXO ($< \mu - \sigma$)	0,26
MÉDIO - Intervalo entre ($\mu - \sigma$) e ($\mu + \sigma$)	$0,26 < X < 28,28$

Ao analisar a área da projeção horizontal sob o enfoque da amostra regional, **nenhuma** das cavidades apresentou alta área da projeção horizontal.

Alto Volume da cavidade em relação às demais cavidades que se distribuem na mesma unidade espeleológica

Cavidades com alto volume foram consideradas aquelas que apresentaram o valor deste parâmetro maior que a média mais o desvio padrão ($\mu + \sigma$) calculados para a amostra regional. Para as cavernas do estudo foram considerados os valores maiores que **57,07 m³** como alto volume.

Tabela 34: Volume sob enfoque regional para cavidades para cavidades da amostra.

Parâmetros Regionais	Volume (m ³)
MÉDIA	22,94
DESVIO PADRÃO	34,12
ALTO ($> \mu + \sigma$)	57,07
BAIXO ($< \mu - \sigma$)	-11,18
MÉDIO - Intervalo entre ($\mu - \sigma$) e ($\mu + \sigma$)	$-11,18 < X < 57,07$

Ao analisar o atributo volume sob o enfoque regional, **nenhuma** das cavidades analisadas apresentou alto volume.

Presença significativa de estruturas espeleogenéticas raras

Neste quesito observou-se a ocorrência de feições esculpidas na rocha, que podem servir como testemunho dos processos espeleogenéticos e hidrológicos que possam ter atuado no desenvolvimento da cavidade. Estruturas espeleogenéticas raras seriam estas feições que ocorrem de forma restrita e/ou pouco comum no conjunto de cavidades estudado.

As cavidades analisadas neste estudo apresentaram estruturas espeleogenéticas significativas como feições alveolares. Estas feições tem forma circular, com superfície arredondada e regular. São estruturas que remetem ao início do desenvolvimento dos condutos e comprovam a atuação da água sob pressão. São vestígios da passagem constante de água moldando a superfície da rocha através da erosão da rocha. Entretanto essas feições são comuns nas cavidades, não caracterizando estrutura espeleogenética rara. A Caverna do Francisco se destaca com a presença dos pendentes, porém a evolução da cavidade que deu origem aos pendentes pode ser considerada semelhante às demais cavidades que ocorrem nesse tipo de rocha.

Lago ou drenagem subterrânea perene com influência acentuada sobre os atributos da cavidade analisados neste item (Acentuada sob enfoque local e regional)

Para valoração deste atributo foi observado em primeiro lugar a ocorrência de água perene na cavidade. Além do volume de água existente, foram analisados também os relatos das equipes que visitaram a cavidade (prospecção espeleológica, bioespeleologia, topografia e geoespeleologia) em épocas distintas. Entretanto, nenhuma cavidade apresentou vestígios de drenagem.

Diversidade da sedimentação química

A diversidade da sedimentação química deve ser avaliada quanto aos tipos de espeleotemas encontrados na cavidade e quanto aos processos de deposição observados. Não foram observados espeleotemas entre o conjunto analisado.

Configuração notável de espeleotemas

A abundância de espeleotemas, considerando a quantidade (mesmo que de um único tipo) e distribuição na caverna, é um atributo de caráter subjetivo, pois não há maneiras viáveis de se mensurar esse parâmetro. Além disso, a ausência de metodologias para definição de formas para classificação desse atributo dificulta ainda mais sua análise.

De toda forma, não foram observados espeleotemas entre o conjunto analisado.

Alta influência da cavidade sobre o sistema cárstico

O conjunto de formas no relevo associado aos processos geradores do espaço subterrâneo a partir da dissolução da rocha pode constituir um sistema cárstico. A circulação de água é fundamental no processo de surgimento e evolução de sistemas, onde feições morfológicas se formam a partir da erosão principalmente fluvial e dissolução de parte das rochas. Neste sentido, a presença de drenagens perenes ou mesmo surgências intermitentes são de grande importância no desenvolvimento das

cavernas. Entretanto, em um sistema cárstico deve haver estruturas como sumidouros e/ou subsidência que possam indicar uma dinâmica hídrica subterrânea.

Nas cavidades analisadas não foram identificados vestígios de uma circulação em sistema cárstico.

Inter-relação da cavidade com caverna de relevância máxima

Essa inter-relação é definida através de sobreposição da área de influência da caverna de relevância máxima com a área das outras cavernas. Como os resultados avaliados a partir do diagnóstico geoespeleológico e bioespeleológica não identificou nenhuma cavidade que apresentasse atributos para classificação com grau de relevância máximo, nenhuma cavidade foi considerada nesse item.

Reconhecimento mundial ou nacional do valor estético ou cênico

O reconhecimento estético cênico de uma cavidade trata-se um parâmetro subjetivo e, portanto, passível de discordância entre os que analisam. Para estipular se as cavidades do estudo possuem ou não esse reconhecimento, essas foram comparadas com as cavernas conhecidas nacionalmente e até mesmo mundialmente.

Algumas características como a presença de curso d'água significativo, quantidade de espeleotemas, volume e inserção na paisagem, podem ser decisivas ao considerar a beleza cênica da cavidade. Além disso, a característica que apresente reconhecimento deve ser avaliada tanto na escala local quanto na regional. Diante disso as cavernas estudadas não apresentam esse tipo de reconhecimento estético cênico mundial/nacional.

Visitação pública sistemática

Nesse parâmetro foi avaliada a existência de vestígios de visitação constante aos espaços subterrâneos analisados. Presença de trilha bem marcada, pisoteio nas partes mais acessíveis, lixo, pichações, materiais guardados pelos visitantes e espeleotemas quebrados, são alguns dos vestígios que analisados em conjunto podem indicar a intensidade da visitação à caverna. Nenhuma das cavernas estudadas recebe visitação sistemática com abrangência regional ou nacional.

➤ Importância Acentuada sob Enfoque Local

A Tabela 35 sintetiza os atributos bióticos, físicos e histórico-culturais considerados acentuados sob enfoque local.

Tabela 35: Atributos bióticos, físicos e histórico- culturais considerados de importância acentuada sob enfoque local para classificação de grau de relevância.

	Atributos considerados de Importância Acentuada sob Enfoque Local	Cavidades
Biológicos	I. População residente de quirópteros;	Caverna Dá Pra Dormir e Caverna do Francisco
	II. Constatação de uso da cavidade por aves silvestres como local de nidificação;	Cavidade Lasca Abrigo
	III. Alta diversidade de substratos orgânicos;	Caverna Morcego Encantado, Caverna Dá Pra Dormir e Caverna Lasca do Abrigo
	IV. Média riqueza de espécies;	Caverna do Francisco
	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;	-
Físicos e histórico-culturais	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;	Caverna dá Pra Dormir
	XIII. Lago ou drenagem subterrânea intermitente com influência acentuada sobre os atributos da cavidade que tenham as configurações relacionadas nos incisos deste artigo;	-

População residente de quirópteros

Considerou-se como cavidade com população residente de quirópteros as cavidades que apresentaram quirópteros da mesma espécie nas duas campanhas de campo (chuvosa e seca). O atributo se dá ao fato da cavidade possuir um conjunto de indivíduos pertencentes à mesma espécie, cuja presença contínua na cavidade seja observada caracterizando uma inter-relação com o ecossistema cavernícola para a sua sobrevivência.

Entre o conjunto estudado, as cavidades **Caverna Dá Pra Dormir** e **Caverna do Francisco** apresentaram colônias de *Peropteryx trinitatis* e *Carollia brevicauda*, respectivamente, com características de um uso contínuo e fidedigno com essas cavidades.

Constatação de uso da cavidade por aves silvestres como local de nidificação

Entende-se por este atributo toda e qualquer ave que esteja nidificando no interior da cavidade, e que apresente indícios que de fato terminem o período de desenvolvimento

do filhote. Na **Caverna Lasca Abrigo** foi encontrado dois indivíduos jovens de *Cathartidae* sp.

Alta diversidade de substratos orgânicos

A diversidade de substratos orgânicos foi verificada considerando os seguintes tipos de substratos: 1 - guano; 2 - material vegetal; 3 - detritos; 4 - raízes; 5 - carcaças; 6 - fezes de vertebrados não voadores; 7 - bolotas de regurgitação. Onde houve a presença de 4 a 7 tipos, a diversidade foi considerada alta e de 1 a 3 tipos foi considerada baixa. Esse valor foi estipulado levando-se em consideração que a IN 2/2009 considera 7 tipos de substratos orgânicos e portanto, uma alta diversidade de substratos deve ter mais da metade dos tipos, ou seja 4 ou mais tipos. As cavidades **Caverna Morcego Encantado**, **Caverna Dá Pra Dormir** e **Caverna Lasca Abrigo** foram observados alta diversidade de substratos orgânicos.

Tabela 36: Classificação das cavidades quanto à presença de substratos orgânicos.

Cavidade	Tipo de Recurso							Riqueza de substratos	Classificação de acordo com IN 02/2009
	Material Vegetal	Detritos	Raízes	Fezes de vertebrados não voadores	Carcaça	Bolota de regurgitação	Guano		
Caverna Dá Pra Dormir	X	X	X	X	-	-	X	4	ALTA
Caverna Francisco	-	X	X	-	-	-	X	3	BAIXA
Caverna Morcego Encantado	X	X	X	X	-	-	-	4	ALTA
Caverna Lasca Abrigo	X	X	X	-	-	-	X	4	ALTA

Média riqueza de espécies

Os valores de riqueza foram obtidos de acordo com a lista de espécies encontradas, obtendo-se uma média e o desvio padrão do conjunto de cavidades presentes na área de estudo. Sendo assim, a riqueza foi considerada média para valores iguais ou maior que 18 espécies e valores iguais ou menores que 20 espécies. Os cálculos de riqueza são mais bem explicados no item 10.2.9 No presente estudo a cavidade **Caverna do Francisco** apresentou média riqueza de espécies como demonstra a tabela a seguir:

Tabela 37: Classificação da riqueza das cavidades de acordo com a IN 02/2009.

CAVIDADES	RIQUEZA	CLASSIFICAÇÃO PELA IN
Caverna Francisco	18	MÉDIA
Caverna Dá Pra Dormir	21	ALTA
Morcego Encantado	17	BAIXA
Caverna Lasca do Abrigo	21	ALTA

Média abundância relativa de espécies

As abundâncias das espécies foram analisadas em separado, para cada espécie, e definido qual seria o valor a ser considerado como alta abundância. Após essa definição, foram somadas as espécies com alta abundância de cada cavidade. Dessa forma, cavidades cujas espécies com abundância alta representaram entre 10% e 29% das espécies foram consideradas com média abundância relativa de espécies. Os cálculos de abundância estão mais explicitados no item 10.2.10. Nesse contexto nenhuma cavidade deste estudo apresentou valores de abundância que a enquadrassem nesse quesito como pode ser observado na tabela a seguir:

Tabela 38: Classificação da abundância relativa das cavidades de acordo com a IN 02/2009.

Cavidade	Riqueza total de espécies	Total de espécies com alta abundância	AB(%)=n*100/N	Corte IN
Caverna Francisco	5	3	60,00	ALTA
Caverna Dá Pra Dormir	6	4	66,67	ALTA
Morcego Encantado	4	2	50,00	ALTA
Caverna Lasca do Abrigo	2	1	50,00	ALTA

Constatação de uso da cavidade por espécies migratórias

As aves estão mais relacionadas a espécies migratórias, que utilizam determinadas regiões como área de nidificação e alimentação. Em nenhuma das cavidades foi observada a presença, mesmo que vestígios, de espécies de caráter migratório.

Presença de singularidade dos elementos faunísticos da cavidade sob enfoque local

Reconhece-se a presença de espécies singulares sob enfoque local naquelas cavidades onde há presença de espécies com alguma especificidade ou endemismo quando comparadas às espécies encontradas nas cavidades do mesmo contexto geomorfológico, ou seja, de uma mesma área. Nenhuma das cavidades deste projeto apresentou singularidade que fosse acentuado sob enfoque local.

Estrutura geológica de interesse científico

Nos maciços onde as cavernas se desenvolvem podem ser identificadas feições e características geológicas que indicam os processos de formação e/ou evolução das rochas. A análise de algumas estruturas pode ser determinante no entendimento da história geológica da região.

Nenhuma das cavidades da área apresentou algum tipo de estrutura geológica que apresente relevância do ponto de vista científico. As feições descritas na geologia local já foram identificadas em mapeamento geológico regional.

Registros paleontológicos

Não foram observados vestígios paleontológicos sobre o piso dos condutos. As ossadas que foram verificadas em algumas cavidades se tratam de fragmentos recentes.

Reconhecimento local do valor estético/cênico

Cavidades já reconhecidas oficialmente por instituições de governo e/ou entidades/associações técnicas especializadas. Nenhuma das cavernas estudadas apresenta esse tipo de reconhecimento.

Visitação pública sistemática na cavidade, com abrangência local

Foi avaliada a existência de vestígios de visitação constante aos espaços subterrâneos analisados. Presença de trilha bem marcada, pisoteio nas partes mais acessíveis, lixo, pichações, materiais guardados pelos visitantes e espeleotemas quebrados, são alguns dos vestígios que analisados em conjunto podem indicar a intensidade da visitação à caverna. Nenhuma das cavernas estudadas recebe visitação sistemática ou qualquer tipo de visitação.

Água de percolação ou condensação com influência acentuada sobre os atributos da cavidade analisados neste item (Acentuada sob enfoque local)

Água de percolação é principalmente a água da chuva que se infiltra através do solo e rocha e atinge o teto e parede das cavidades. São visualizadas através de gotejamentos, escorrimentos, paredes úmidas e espeleotemas em formação (a percolação de água é responsável pela formação de grande parte dos espeleotemas). Já a água de condensação ocorre nas cavidades onde a umidade relativa do ar encontra-se próxima da saturação. Se expressa normalmente por gotículas afixadas à parede e/ou teto das cavidades.

Na **Caverna dá Pra Dormir** foi observada água de percolação ou condensação. Não foi possível estabelecer a real influência dessas feições hídricas sobre os outros atributos apresentados pela cavidade. Por precaução, foi considerado que a água de percolação ou condensação dessa cavidade influencia de forma acentuada outros atributos analisados neste item e, portanto, podem ser consideradas neste atributo.

Lago ou drenagem subterrânea intermitente com influência acentuada sobre os atributos da cavidade analisados neste item (Acentuada sob enfoque local)

Para valoração deste atributo foi observado em primeiro lugar a ocorrência de água intermitente na cavidade. Além do volume de água existente, foram analisados também os relatos das equipes de bioespeleologia e prospecção que visitaram as cavidades em

épocas distintas e também os croquis confeccionados pelas equipes de topografia. Quando a presença do corpo d'água foi observada apenas em épocas chuvosas considerou-se o curso d'água como intermitente. Após definidas quais cavidades possuíam drenagem intermitente foi analisado se a presença dessa drenagem exerce alguma influência sobre outros atributos da cavidade discutidos no item "importância acentuada sob enfoque local".

Em nenhuma cavidade analisada foi verificado vestígio de drenagem no interior.

➤ Importância Significativa sob Enfoque Local e Regional

Os atributos bióticos, físicos e histórico-culturais que definem importância significativa sob enfoque local e regional encontram-se listados na Tabela 39.

Tabela 39: Atributos biótico, físicos – históricos culturais considerados de importância significativa sob enfoque local e regional para classificação de grau de relevância.

	Atributos considerados de Importância Significativa sob Enfoque Local e Regional	Cavidades
Bio	I. Presença de singularidade dos elementos faunísticos da cavidade sob enfoque regional;	-
Físicos e histórico-culturais	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;	Caverna dá pra dormir Caverna Francisco Caverna Morcego Encantado Caverna Lasca do Abrigo
	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;	Caverna dá pra dormir Caverna Francisco Caverna Morcego Encantado Caverna Lasca do Abrigo
	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;	Caverna dá pra dormir Caverna Francisco Caverna Morcego Encantado
	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;	Caverna dá pra dormir Caverna Francisco Caverna Morcego Encantado Caverna Lasca do Abrigo
	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.	-

Presença de singularidade dos elementos faunísticos da cavidade sob enfoque regional

Reconhece-se a presença de espécies singulares sob enfoque regional naquelas cavidades onde há presença de espécies com alguma especificidade ou endemismo quando comparadas às espécies encontradas nas cavidades da mesma unidade espeleológica. Diante das informações coletadas em campo não foi encontrada nenhuma evidência que definisse tais cavidades como singulares sob o enfoque regional.

Média Projeção Horizontal em relação às demais cavidades que se distribuem na mesma unidade espeleológica

Cavidades com média projeção horizontal foram consideradas aquelas que apresentaram o valor desse parâmetro no intervalo entre a média menos o desvio padrão e a média mais o desvio padrão ($\mu - \sigma < X < \mu + \sigma$) calculados para a amostra regional. Para as cavernas do estudo foram considerados os valores entre **0,80 m** e **13,47 m** como média projeção horizontal.

Tabela 40: Projeção horizontal sob enfoque regional para cavidades da amostra.

Parâmetros Regionais	PH (m)
MÉDIA	7,14
DESVIO PADRÃO	6,33
ALTO ($> \mu + \sigma$)	13,47
BAIXO ($< \mu - \sigma$)	0,80
MÉDIO - Intervalo entre ($\mu - \sigma$) e ($\mu + \sigma$)	0,80 < X < 13,47

Ao analisar a projeção horizontal sob o enfoque regional para cavidades do estudo, observa-se que **todas** as 04 cavidades do projeto possuem média projeção horizontal.

Média Área da projeção horizontal da cavidade em relação às demais cavidades que se distribuem na mesma unidade espeleológica

Cavidades com média área da projeção horizontal foram consideradas aquelas que apresentaram o valor desse parâmetro no intervalo entre a média menos o desvio padrão e a média mais o desvio padrão ($\mu - \sigma < X < \mu + \sigma$) calculados para a amostra regional. Para as cavernas estudadas foram considerados os valores entre **0,26 m²** e **28,28 m²** como média área da projeção horizontal.

Tabela 41: Área da projeção horizontal sob enfoque regional para cavidades da amostra.

Parâmetros Regionais	Área (m ²)
MÉDIA	14,27
DESVIO PADRÃO	14,01
ALTO ($> \mu + \sigma$)	28,28
BAIXO ($< \mu - \sigma$)	0,26
MÉDIO - Intervalo entre ($\mu - \sigma$) e ($\mu + \sigma$)	0,26 < X < 28,28

Ao analisar a área da projeção horizontal sob o enfoque regional para cavidades do estudo, observa-se que **todas** as 04 cavidades do projeto possuem média área da projeção horizontal.

Alto Desnível em relação às demais cavidades que se distribuem na mesma unidade espeleológica

Cavidades com alto desnível foram consideradas aquelas que apresentaram o valor deste parâmetro maior que a média ($> \mu$) calculada para a amostra regional. Para as

cavernas do estudo foram considerados os valores maiores que **1,50 m** como alto desnível.

Tabela 42: Parâmetro espeleométrico do desnível sob enfoque regional para cavidades do estudo.

Parâmetros Regionais	Desnível (m)
MÉDIA	1,50
ALTO ($> \mu + \sigma$)	> 1,50
BAIXO ($< \mu - \sigma$)	< 1,50

Ao analisar o desnível sob enfoque regional para cavidades do estudo, observa-se que as cavidades **Caverna Dá pra dormir**, **Caverna do Francisco** e **Caverna Morcego Encantado** apresentam alto desnível.

Médio Volume da cavidade em relação às demais cavidades que se distribuem na mesma unidade espeleológica

Cavidades com médio volume foram consideradas aquelas que apresentaram o valor deste parâmetro no intervalo entre a média menos o desvio padrão e a média mais o desvio padrão ($\mu - \sigma < X < \mu + \sigma$), calculados para a amostra regional. Para as cavernas do estudo foram considerados os valores entre **-11,18 m³** e **57,07 m³** como médio volume.

Tabela 43: Volume sob enfoque regional para cavidades para cavidades da amostra.

Parâmetros Regionais	Volume (m ³)
MÉDIA	22,94
DESVIO PADRÃO	34,12
ALTO ($> \mu + \sigma$)	57,07
BAIXO ($< \mu - \sigma$)	-11,18
MÉDIO - Intervalo entre ($\mu - \sigma$) e ($\mu + \sigma$)	-11,18 < X < 57,07

De acordo com o quadro a seguir, ao analisar o atributo volume sob o enfoque regional para cavidades do estudo, observa-se que **todas** as 04 cavidades do projeto apresentaram médio volume.

Estruturas espeleogenéticas raras

Neste quesito observou-se a ocorrência de feições esculpidas na rocha, que podem servir como testemunho dos processos espeleogenéticos e hidrológicos que possam ter atuado no desenvolvimento da cavidade. Estruturas espeleogenéticas raras seriam estas feições que ocorrem de forma restrita e/ou pouco comum no conjunto de cavidades estudado.

Conforme explicitado em item anterior, não foram identificadas estruturas espeleogenéticas raras entre as cavidades analisadas.

Lago ou drenagem subterrânea intermitente com influência significativa sobre os atributos da cavidade analisados neste item (Significativo sob enfoque local e regional)

Não foram identificados vestígios da presença de drenagem nas cavidades analisadas.

Diversidade da sedimentação química com muitos tipos de espeleotemas ou processos de deposição

Não foram observados espeleotemas nas cavidades analisada no estudo.

Sedimentação clástica ou química com valor científico

Foi avaliada a presença de depósitos sedimentares que pudessem trazer informações principalmente a respeito da paleontologia e do paleoclima. Variações em expressivos pacotes sedimentares, tanto clásticos como químicos, podem evidenciar a dinâmica hidrológica da época de desenvolvimento da cavidade.

Não foi observado nas cavidades analisadas sedimentação clástica ou química com valor científico.

Reconhecimento regional do valor estético/cênico

Cavidades já reconhecidas oficialmente por instituições de governo e/ou entidades/associações técnicas especializadas. Nenhuma das cavernas estudadas apresenta esse tipo de reconhecimento.

Uso constante para fins educacionais, recreativos e esportivos

Foi avaliada a presença de vestígios da utilização constante das cavidades por meio de grupos com interesse espeleológico ou esportivo. Presença de trilha bem marcada, pisoteamento nas partes mais acessíveis, materiais guardados pelos visitantes e lixo, são alguns dos vestígios que podem indicar a visita direcionada na caverna. As cavidades analisadas não são utilizadas para fins educacionais, recreativos ou esportivos.

➤ Importância Significativa sob Enfoque Local

A Tabela 44 lista os atributos biológicos, físicos e histórico-culturais adicionais que conferem importância significativa sob a ótica do enfoque local.

Tabela 44: Atributos bióticos, físicos e históricos – culturais considerados de importância significativa sob enfoque local para classificação de grau de relevância.

	Atributos considerados de Importância Significativa sob Enfoque Local	Cavidades
Biológicos	I. Baixa diversidade de substratos orgânicos;	Caverna Francisco
	II. Baixa riqueza de espécies;	Morcego Encantado
	III. Baixa abundância relativa de espécies;	-
	IV. Presença de singularidade dos elementos faunísticos da cavidade sob enfoque local;	-
Físicos e histórico-culturais	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;	Caverna dá pra dormir Caverna Francisco Caverna Morcego Encantado Caverna Lasca do Abrigo
	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;	Caverna dá pra dormir Caverna Morcego Encantado
	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;	Caverna dá pra dormir Caverna Francisco Caverna Morcego Encantado
	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;	Caverna dá pra dormir Caverna Francisco Caverna Morcego Encantado
	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.	-

Baixa diversidade de substratos orgânicos

A diversidade de substratos orgânicos foi verificada considerando os seguintes tipos de substratos: 1 - guano; 2 - material vegetal; 3 - detritos; 4 - raízes; 5 - carcaças; 6 - fezes de vertebrados não voadores; 7 - bolotas de regurgitação. Onde houve a presença de 4 a 7 tipos, a diversidade foi considerada alta e de 1 a 3 tipos foi considerada baixa. Esse valor foi estipulado levando-se em consideração que a IN 2/2009 considera 7 tipos de substratos orgânicos e, portanto, uma baixa diversidade de substratos deve que ter menos da metade dos tipos, ou seja, 3 tipos ou menos. De acordo com a tabela a seguir a cavidade **Caverna Francisco** foi considerada com baixa diversidade de substratos orgânicos conforme e a tabela a seguir:

Tabela 45: Classificação das cavidades quanto à presença de substratos orgânicos.

Cavidade	Tipo de Recurso								Classificação de acordo com IN 02/2009
	Material Vegetal	Detritos	Raízes	Fezes de vertebrados não voadores	Carcaça	Bolota de regurgitação	Guano	Riqueza de substratos	
Caverna Dá Pra Dormir	X	X	X	X	-	-	X	5	ALTA
Caverna Francisco	-	X	X	-	-	-	X	3	BAIXA
Caverna Morcego Encantado	X	X	X	X	-	-	-	4	ALTA
Caverna Lasca Abrigo	X	X	X	-	-	-	X	4	ALTA

Baixa riqueza de espécies

Os valores de riqueza foram obtidos de acordo com a lista de espécies encontradas, obtendo-se uma média e o desvio padrão do conjunto de cavidades presentes na área de estudo. Sendo assim, a riqueza foi considerada baixa para valores iguais ou menores que 17 espécies. Os cálculos de riqueza são mais bem explicados no item 10.2.9. No presente estudo a cavidade **Morcego Encantado** apresentou baixa riqueza de espécies como demonstra a tabela a seguir:

Tabela 46: Classificação da riqueza das cavidades de acordo com a IN 02/2009.

CAVIDADES	RIQUEZA	CLASSIFICAÇÃO PELA IN
Caverna Francisco	18	MÉDIA
Caverna Dá Pra Dormir	21	ALTA
Morcego Encantado	17	BAIXA
Caverna Lasca do Abrigo	21	ALTA

Baixa abundância relativa de espécies

As abundâncias das espécies foram analisadas em separado, para cada espécie, e definido qual seria o valor a ser considerado como alta abundância. Após essa definição, foram somadas as espécies com alta abundância de cada cavidade. Dessa forma, cavidades cujas espécies com abundância alta representaram abaixo de 10% das espécies, foram consideradas com baixa abundância relativa de espécies. Os cálculos de abundância estão mais explicitados no item 10.2.10. Nesse contexto nenhuma cavidade apresentou valores que a caracterizou como abundância relativa baixa como pode ser observado na tabela a seguir:

Tabela 47: Classificação da abundância relativa das cavidades de acordo com a IN 02/2009.

Cavidade	Riqueza total de espécies	Total de espécies com alta abundância	AB(%)=n*100/N	Corte IN
Caverna Francisco	5	3	60,00	ALTA
Caverna Dá Pra Dormir	6	4	66,67	ALTA
Morcego Encantado	4	2	50,00	ALTA
Caverna Lasca do Abrigo	2	1	50,00	ALTA

Presença de singularidade dos elementos faunísticos da cavidade sob enfoque local

Reconhece-se a presença de espécies singulares sob enfoque local naquelas cavidades onde há presença de espécies com alguma especificidade ou endemismo quando comparadas às espécies encontradas nas cavidades do mesmo contexto geomorfológico, ou seja, de uma mesma área. Nenhuma das cavidades deste projeto apresentou singularidade que fosse significativa sob enfoque local.

Média Projeção Horizontal da cavidade em relação às demais cavidades que se distribuem na mesma unidade geomorfológica

Cavidades com média projeção horizontal foram consideradas aquelas que apresentaram o valor desse parâmetro no intervalo entre a média menos o desvio padrão e a média mais o desvio padrão ($\mu - \sigma < X < \mu + \sigma$) calculados para a amostra local. Para as cavernas do estudo foram considerados os valores entre **0,56 m e 15,60 m** como média projeção horizontal.

Tabela 48: Projeção horizontal sob enfoque local para cavidades da amostra.

Parâmetros Regionais	PH (m)
MÉDIA	8,08
DESVIO PADRÃO	7,52
ALTO ($> \mu + \sigma$)	15,60
BAIXO ($< \mu - \sigma$)	0,56
MÉDIO - Intervalo entre ($\mu - \sigma$) e ($\mu + \sigma$)	0,56 < X < 15,60

Ao analisar a projeção horizontal sob o enfoque local para cavidades do estudo, observa-se que **todas** as 04 cavidades do estudo apresentaram média projeção horizontal.

Média Área da Projeção Horizontal da cavidade em relação às demais cavidades que se distribuem na mesma unidade geomorfológica

Cavidades com média área da projeção horizontal foram consideradas aquelas que apresentaram o valor desse parâmetro no intervalo entre a média menos o desvio padrão e a média mais o desvio padrão ($\mu - \sigma < X < \mu + \sigma$) calculados para a amostra local. Para as cavernas estudadas foram considerados os valores entre **10,22 m² e 23,64 m²** como média área da projeção horizontal.

Tabela 49: Área da projeção horizontal sob enfoque local para cavidades da amostra.

Parâmetros Regionais	Área (m ²)
MÉDIA	16,93
DESVIO PADRÃO	6,71
ALTO ($> \mu + \sigma$)	23,64
BAIXO ($< \mu - \sigma$)	10,22
MÉDIO - Intervalo entre ($\mu - \sigma$) e ($\mu + \sigma$)	10,22 < X < 23,64

Observa-se que as cavidades **Caverna dá pra dormir** e **Caverna Morcego Encantado** apresentaram valores de área dentro da média.

Alto Desnível da cavidade em relação às demais cavidades que se distribuem na mesma unidade geomorfológica

Cavidades com alto desnível foram consideradas aquelas que apresentaram o valor deste parâmetro maior que a média ($> \mu$) calculada para a amostra local. Para as cavernas do estudo foram considerados os valores maiores que **1,70 m** como alto desnível.

Tabela 50: Parâmetro espeleométrico do desnível sob enfoque local para cavidades do estudo.

Parâmetros Regionais	Desnível (m)
MÉDIA	1,70
ALTO ($> \mu + \sigma$)	$> 1,70$
BAIXO ($< \mu - \sigma$)	$< 1,70$

Ao analisar o desnível sob enfoque local observa-se que as cavidades **Caverna dá pra dormir**, **Caverna do Francisco** e **Caverna Morcego Encantado** apresentam alto desnível.

Médio Volume da cavidade em relação às demais cavidades que se distribuem na mesma unidade geomorfológica

Cavidades com médio volume foram consideradas aquelas que apresentaram o valor deste parâmetro no intervalo entre a média menos o desvio padrão e a média mais o desvio padrão ($\mu - \sigma < X < \mu + \sigma$), calculados para a amostra local. Para as cavernas do estudo foram considerados os valores entre **12,83 m³** e **32,55 m³** como médio volume.

Tabela 51: Volume sob enfoque local para cavidades para cavidades da amostra.

Parâmetros Regionais	Volume (m ³)
MÉDIA	22,69
DESVIO PADRÃO	9,86
ALTO ($> \mu + \sigma$)	32,55
BAIXO ($< \mu - \sigma$)	12,83
MÉDIO - Intervalo entre ($\mu - \sigma$) e ($\mu + \sigma$)	$12,83 < X < 32,55$

Ao analisar o atributo volume sob o enfoque local, observa-se que as cavidades **Caverna dá pra dormir**, **Caverna do Francisco** e **Caverna Morcego Encantado** apresentaram médio volume local.

Poucos tipos de espeleotemas e processos de deposição

Não foram observados espeleotemas nas cavidades analisada no estudo.

Uso esporádico ou casual para fins educativos, recreativos ou esportivos

Foi avaliada a presença de vestígios da utilização das cavidades por meio de grupos com interesse recreativos, educacionais ou esportivos. Presença de trilha bem marcada, pisoteamento nas partes mais acessíveis, materiais guardados pelos visitantes e lixo, são alguns dos vestígios que podem indicar a visitação direcionada na caverna. Não foi verificado nas cavidades analisadas uso esporádico ou casual.

Visitação pública esporádica ou casual

Foi avaliada a existência de vestígios de visitação esporádica aos espaços subterrâneos analisados. Presença de trilha bem marcada, pisoteamento nas partes mais acessíveis, lixo, pichações, materiais guardados pelos visitantes e espeleotemas quebrados, são alguns dos vestígios que analisados em conjunto podem indicar a intensidade da visitação à caverna.

Não foi verificada visitação entre as cavidades analisadas.

Presença de água de percolação ou condensação com influência sobre os atributos da cavidade analisados neste item (Significativo sob enfoque local)

A cavidade que apresentou água de percolação ou condensação foi considerada no atributo anterior.

13 CONSIDERAÇÕES DA ANÁLISE DE RELEVÂNCIA

Levando em consideração a análise dos atributos bióticos, físicos e histórico-culturais das cavidades analisadas, nenhuma cavidade apresentou relevância máxima, todas as **04** apresentaram **alta relevância** e nenhuma média ou baixa relevância, conforme Tabela 52.

Tabela 52: Síntese da relevância das cavidades considerando os atributos bióticos, físicos e histórico- culturais.

Cavidade	Escala	Importância do Atributo	Atributos bióticos, físicos e histórico-culturais classificatórios	Importância Predominante	Grau de Relevância
Caverna Dá Pra Dormir	Regional	Acentuada	- Presença de populações estabelecidas de espécies com função ecológica importante; - Alta riqueza de espécies; - Alta abundância relativa de espécies;	Acentuada	ALTA
		Significativa	- Média projeção horizontal da cavidade regional; - Média área da projeção horizontal regional; - Alto desnível regional; - Médio volume regional;		
	Local	Acentuada	- População residente de quirópteros; - Alta diversidade de substratos orgânicos; - Água de percolação ou condensação;	Acentuada	
		Significativa	- Média projeção horizontal da cavidade local; - Média área da projeção horizontal local; - Alto desnível local; - Médio volume local;		
Caverna Francisco	Regional	Acentuada	- Presença de populações estabelecidas de espécies com função ecológica importante; - Alta abundância relativa de espécies; - Presença de população excepcional em tamanho;	Acentuada	ALTA
		Significativa	- Média projeção horizontal da cavidade regional; - Média área da projeção horizontal regional; - Alto desnível regional; - Médio volume regional;		
	Local	Acentuada	- População residente de quirópteros; - Média riqueza de espécies;	Acentuada	
		Significativa	- Baixa diversidade de substratos orgânicos; - Média projeção horizontal da cavidade local; - Alto desnível local; - Médio volume regional;		
Caverna Morcego Encantado	Regional	Acentuada	- Alta abundância relativa de espécies;	Acentuada	ALTA
		Significativa	- Média projeção horizontal da cavidade regional; - Média área da projeção horizontal regional; - Alto desnível regional; - Médio volume regional;		
	Local	Acentuada	- Alta diversidade de substratos orgânicos;	Acentuada	
		Significativa	- Baixa riqueza de espécies; - Média projeção horizontal da cavidade local; - Média área da projeção horizontal local; - Alto desnível local; - Médio volume regional;		
Caverna Lasca Abrigo	Regional	Acentuada	- Alta riqueza de espécies; - Alta abundância relativa de espécies;	Acentuada	ALTA
		Significativa	- Média projeção horizontal da cavidade regional; - Média área da projeção horizontal regional; - Médio volume regional;		
	Local	Acentuada	- Constatação de uso da cavidade por aves silvestres como local de nidificação; - Alta diversidade de substratos orgânicos;	Acentuada	
		Significativa	- Média projeção horizontal da cavidade local;		

A avaliação dos atributos descritos para a análise de relevância revela as medianas dimensões do conjunto de cavidades analisado, quando comparado com as cavidades que ocorrem na amostra local e regional. Existe uma grande diversidade de reentrâncias

e abrigos na região onde o empreendimento se insere, localizadas principalmente nas encostas dos expressivos afloramentos que ocorrem em área além dos 250 metros de entorno das instalações. Essa diversidade de feições é característica do tipo de rocha que aflora e da evolução geomorfológica do relevo. Para as pequenas cavidades as condições ambientais podem ser semelhantes às variações que ocorrem no meio externo, não caracterizando ambiente subterrâneo propriamente dito.

Com relação à análise da Geoespeleologia, não foi observado parâmetro que possa classificar alguma das cavidades estudadas no grau de relevância máximo. Com relação à Bioespeleologia, considerando os resultados obtidos em campo durante as campanhas de coleta do período úmido e período seco, não foi identificado nenhum atributo que caracterize alguma das cavernas como de relevância máxima.

As dimensões reduzidas das cavidades amostradas não permitem uma separação das condições ambientais do interior da cavidade e do meio externo. Os sítios amostrados não configuram cavernas do ponto de vista bioespeleológico, pois não oferecem condições ambientais capazes de produzir uma fauna particular e restrita a elas.

O MSS (meio subterrâneo superficial) é potencialmente o hábitat em que as espécies mantêm suas populações. O MSS oferece condições ambientais similares às encontradas em cavernas de grande desenvolvimento com fauna tipicamente troglóbia.

A caracterização bioespeleológica das cavernas estudadas demonstra que a fauna encontrada é comum em cavidades naturais subterrâneas, entretanto não foi identificada nenhuma espécie exclusiva ao ambiente cavernícola. Quanto à avaliação do grau de relevância das cavernas, todas foram classificadas com alta relevância, principalmente devido à ocorrência de atributos do meio biótico.

Com a implantação do empreendimento da UHE Canto do Rio, a Caverna do Francisco será alvo de impacto negativo irreversível devido à formação do reservatório. Assim, à análise de relevância proposta, bem como a viabilidade ambiental do empreendimento, a compensação espeleológica pelo impacto a ser causado na Caverna do Francisco deverá ser na forma indicada pelo Decreto Federal nº 6.640/2008.

De acordo com o referido decreto, impactos irreversíveis em cavidades de relevância alta deverão ser compensados pelo empreendedor através da preservação de duas cavidades com o mesmo grau de relevância, de mesma litologia e com atributos similares à que sofrerá o impacto, que serão consideradas cavidades testemunho, ou seja, de preservação permanente. Ainda de acordo com o Decreto Federal nº 6.640/2008, em seu artigo 4º, parágrafos 2º e 3º:

Parágrafo 2º “A preservação das cavidades naturais subterrâneas, de que trata o § 1o, deverá, sempre que possível, ser efetivada em área contínua e no mesmo grupo geológico da cavidade que sofreu o impacto”.

Parágrafo 3º “Não havendo, na área do empreendimento, outras cavidades representativas que possam ser preservadas sob a forma de cavidades testemunho, o Instituto Chico Mendes poderá definir, de comum acordo com o empreendedor, outras formas de compensação.”

As medidas e formas de compensação deverão ser discutidas na próxima etapa do licenciamento.

14 DEFINIÇÃO DE ÁREA DE INFLUÊNCIA

De acordo com a resolução CONAMA 347/2004, a **área de influência sobre o patrimônio espeleológico** compreende os elementos bióticos e abióticos, superficiais e subterrâneos, necessários à manutenção do equilíbrio ecológico e da integridade física do ambiente cavernícola.

As orientações do CECAV para definição de área de influência (CECAV, 2013) traz o conceito de integridade física: manutenção do aspecto morfológico original da caverna, de forma a evitar quaisquer alterações na morfologia das paredes, teto e piso. Também se refere à preservação do aspecto original de formações como espeleotemas ou sedimentos clásticos.

CECAV (2013) traz ainda as diretrizes para estudo de elementos físicos e bióticos do patrimônio espeleológico. Com relação aos **elementos físicos**, o sistema cárstico deve ser caracterizado, com identificação das feições cársticas e dos recursos hídricos superficiais, caracterização dos aspectos geológicos, geotécnicos, geomorfológicos, pedológicos, hidrogeológicos e climáticos, além da análise da topografia e definição das zonas de recarga, circulação e descarga (nível de base). Deve ser avaliada a dinâmica evolutiva das cavidades, com a delimitação da bacia de contribuição hídrica onde estaria considerada área para preservação dos processos de infiltração, sedimentação e espeleogênese.

Com relação aos **elementos bióticos**, as orientações (CECAV, 2013) são quanto à compreensão da conectividade subterrânea, a definição da área necessária para manutenção do aporte de nutrientes (considerando os recursos hídricos e os troglótenos como agentes importantes) e a caracterização da contribuição de acidentais no aporte trófico da cavidade, assim como da contribuição de sistemas radiculares.

Portanto, a seguir é apresentada a caracterização da dinâmica evolutiva das cavidades da área, a avaliação da integridade física e também a descrição dos elementos referentes ao ecossistema subterrâneo.

14.1 Dinâmica evolutiva das cavidades

Uma cavidade natural subterrânea não constitui um espaço vazio inerte, ela evolui lentamente, na escala do tempo geológico. A dinâmica evolutiva de uma caverna abrange processos geomorfológicos e hidrológicos como: (i) entrada de água superficial e meteórica; (ii) carreamento de sedimentos para o interior da caverna (alóctones) e geração de sedimentos autóctones; (iii) processos dissolutivos e erosivos responsáveis pela ampliação da caverna.

Assim, é importante conservar os processos que condicionam a dinâmica evolutiva das cavernas. A área de influência deve ser avaliada levando em consideração os parâmetros que possam interferir na continuidade de seu desenvolvimento e na manutenção do ecossistema cavernícola. Além disso, devem ser analisados os aspectos que podem causar impacto no sistema subterrâneo.

14.1.1 Bacia de contribuição hídrica

Durante os eventos de precipitação, a água da chuva cai no topo dos maciços e flui em direção à base, concordante à morfologia da topografia. Este seria o deflúvio superficial que é muito importante em um sistema cárstico. A consequência deste fluxo é a erosão e o carreamento dos sedimentos inconsolidados que estiverem no caminho. O fluxo de água é direcionado pelo relevo para as regiões de baixada e pode desaguar em drenagens perenes ou infiltrar de forma a recarregar o aquífero.

Neste sentido, toda a área à montante das cavidades no relevo, até o alto topográfico, deve ser preservada. Esta área representa a bacia de contribuição hídrica e é necessária sua proteção para garantir que não seja alterada a quantidade de água e sedimento transportado para a cavidade. Caso o empreendimento localize-se dentro da área delimitada pela bacia de contribuição hídrica, devem-se estabelecer estratégias de controle e monitoramento das intervenções para que seja possível garantir a qualidade da água que flui na mesma.

De acordo com Auler (2006): "a entrada (ou saída) de água em cavernas pode se dar de diversas formas. Cavernas que comportam drenagens ativas ou intermitentes funcionam como sumidouros e/ou ressurgências. A manutenção do fluxo de drenagem é essencial para que a caverna preserve sua dinâmica hídrica. Estas drenagens estão, em geral, intimamente associadas à manutenção do ecossistema subterrâneo. Não só a quantidade (vazão), mas também a qualidade da água deve ser monitorada e preservada de modo a garantir a integridade biológica da caverna. As drenagens são, também, responsáveis pela geração de alguns tipos de espeleotemas."

A área de contribuição hídrica das cavidades foi delimitada utilizando o levantamento topográfico da área fornecido pelo empreendedor, com curvas de nível de 5 em 5 metros. Além das curvas de nível, foi utilizada imagem aérea.

Foi verificado o fluxo hídrico de acordo com a topografia e a imagem aérea, além da conferência em campo dos locais de maior interesse. As linhas de fluxo indicam a direção de escoamento da água de chuva no terreno e foram utilizadas na identificação da contribuição hídrica que chega até a região onde estão inseridas as cavidades.

As cavidades analisadas não apresentam drenagem perene. Sendo assim, a bacia de contribuição foi traçada a partir dos elementos do relevo que direcionam o fluxo da água

de chuva para a região do maciço onde se encontram as cavidades. Nos mapas seguintes estão demonstrados os limites das bacias de contribuição hídricas.

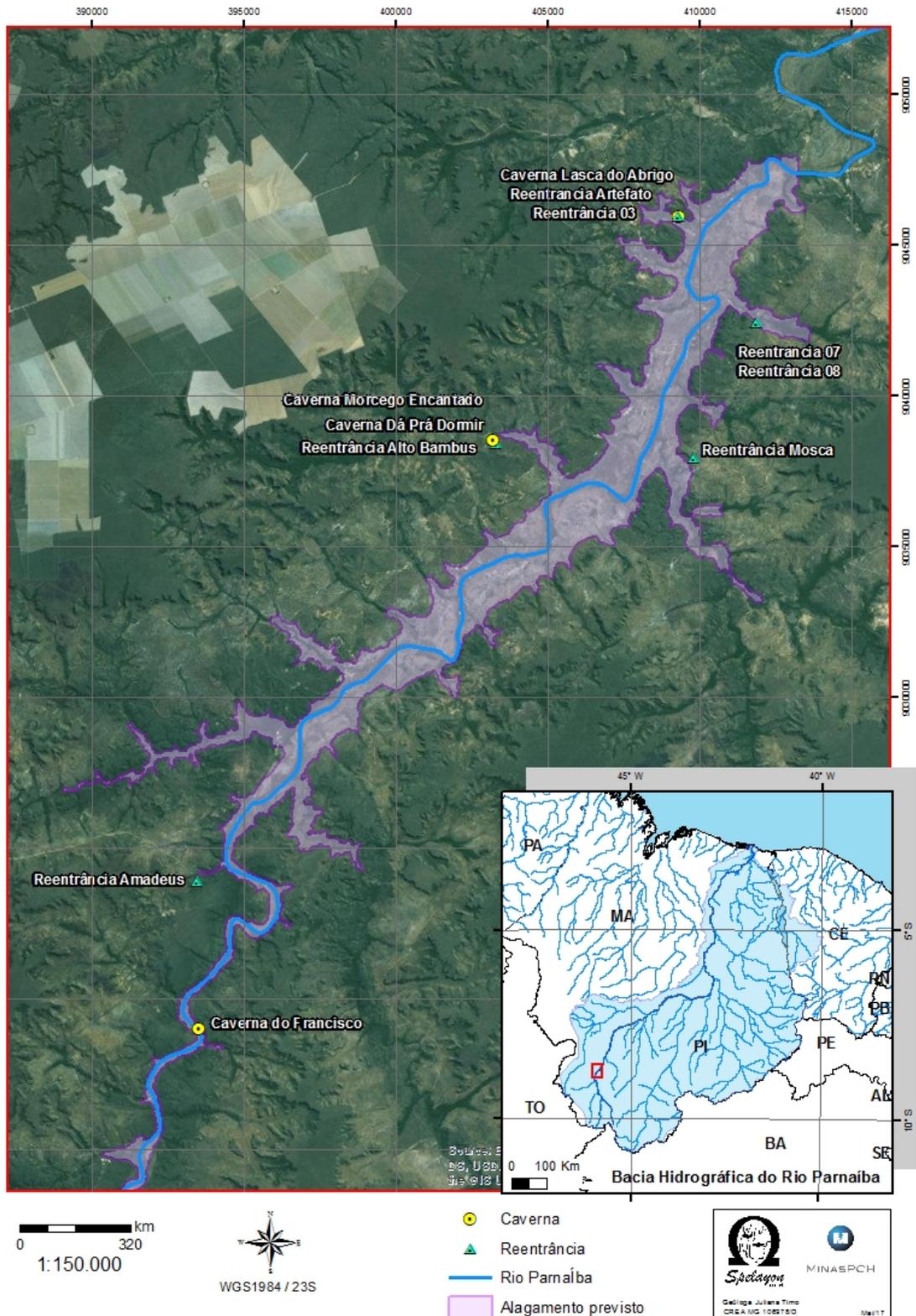


Figura 44: Localização das cavidades para a delimitação da área de influência.

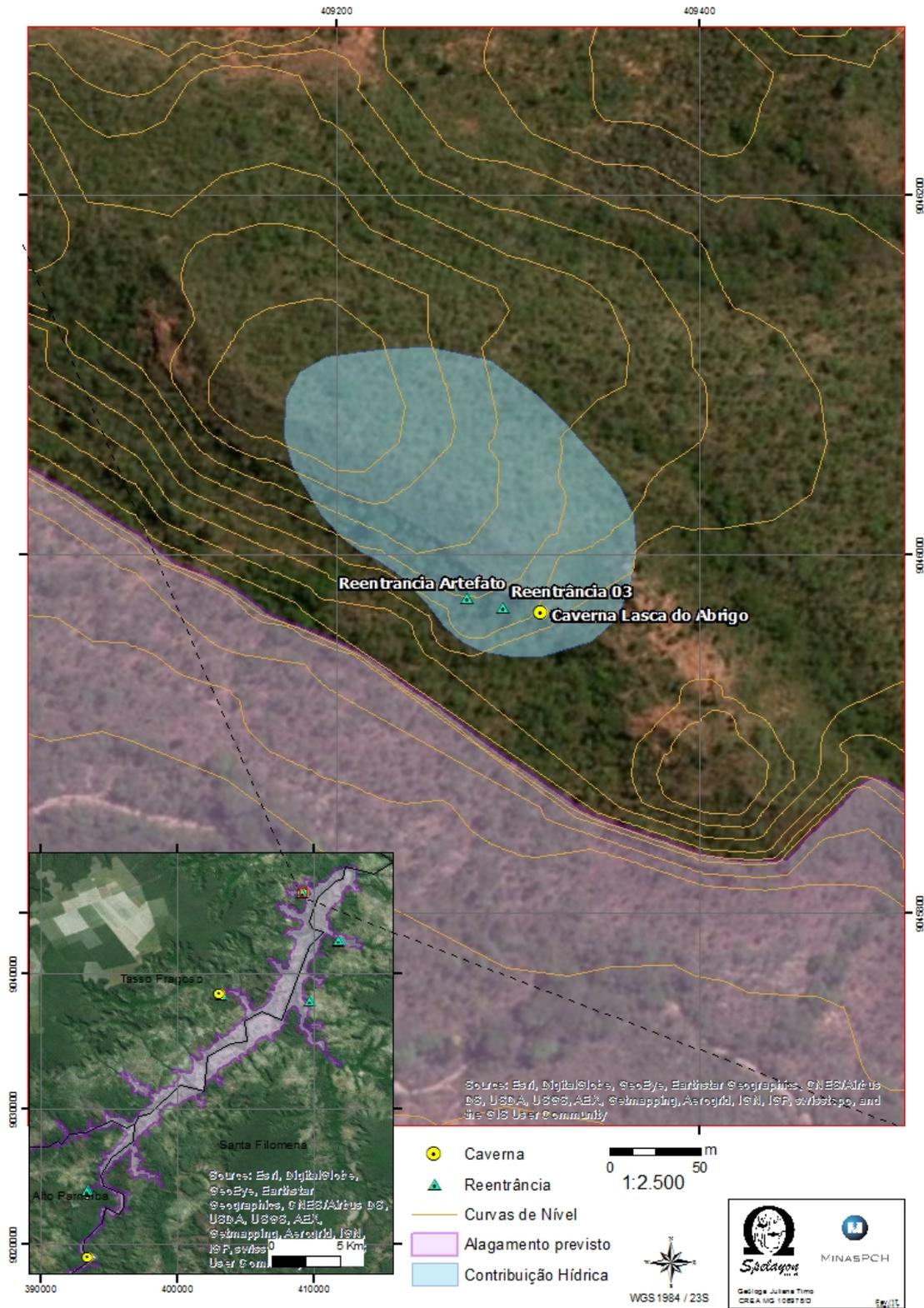


Figura 45: Limite da contribuição hídrica para a Caverna Lasca do Abrigo.

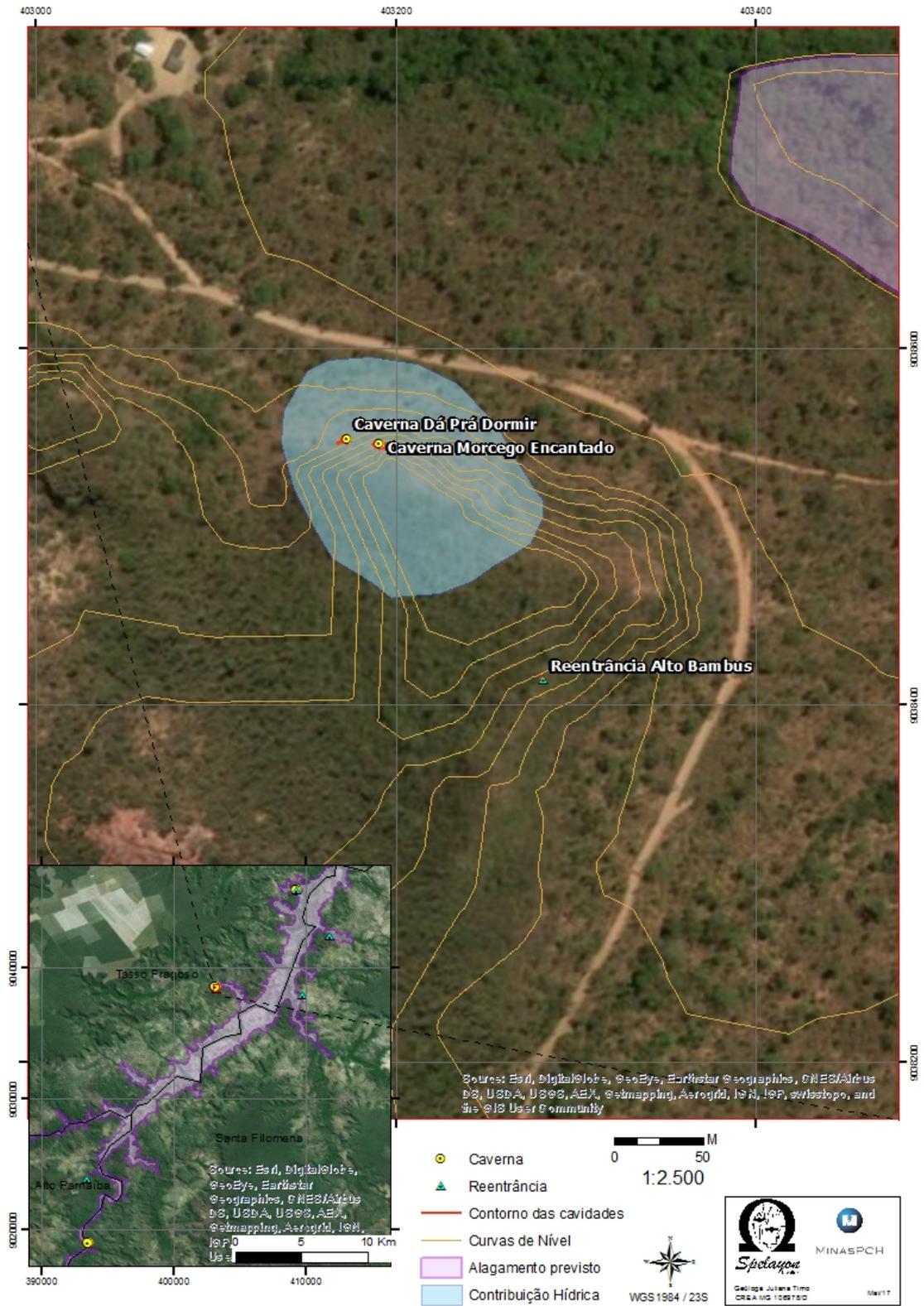


Figura 46: Limite da contribuição hídrica para a Caverna da Pra Dormir e Caverna Morcego Encantado.

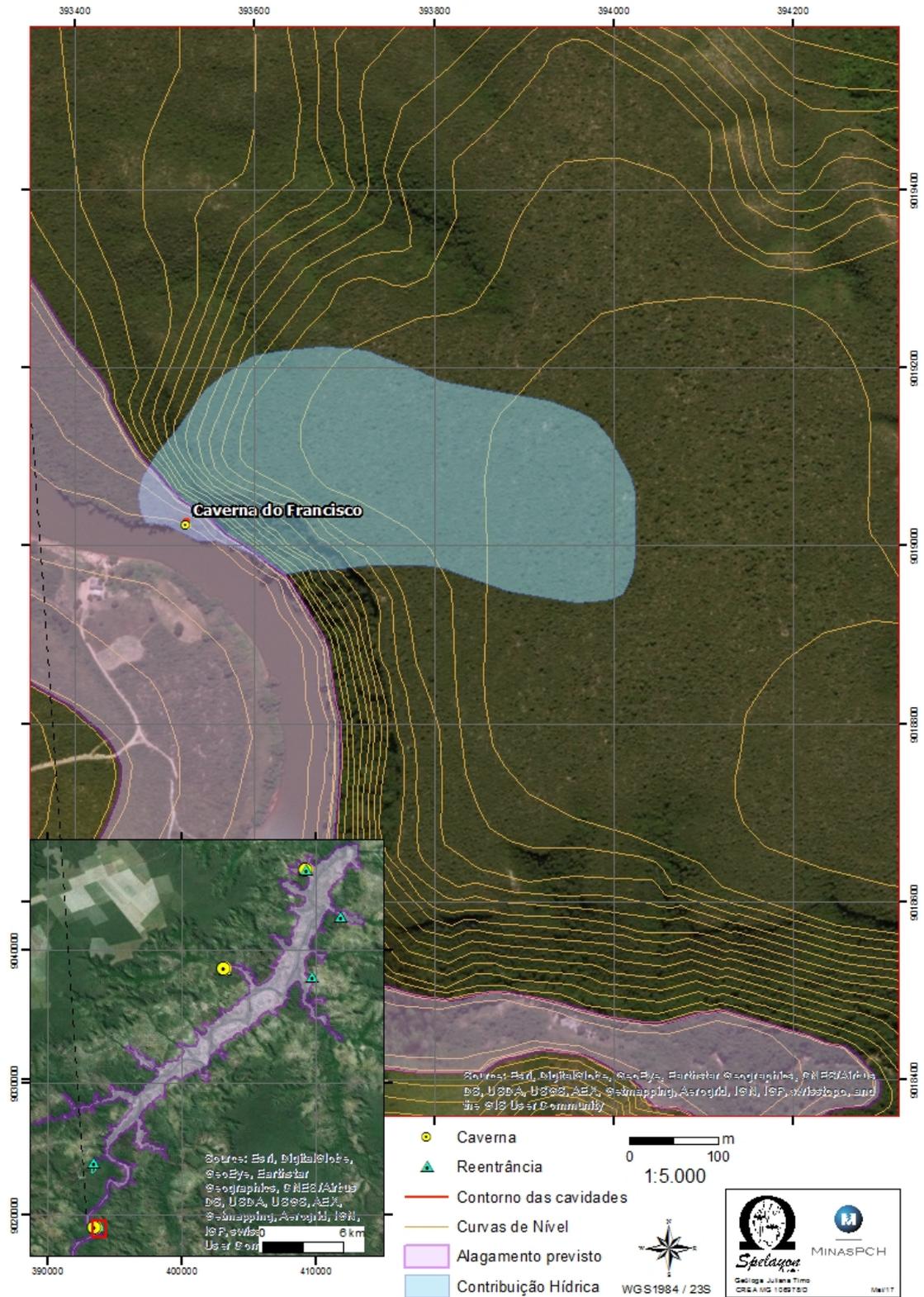


Figura 47: Limite da contribuição hídrica para a Caverna do Francisco.

14.1.2 Área de Infiltração

A infiltração é um importante parâmetro para preservação do sistema cavernícola. Segundo Auler (2006):

“a preservação da infiltração resultará na continuidade dos processos de gênese de espeleotemas e manutenção da alta umidade relativa típica da atmosfera subterrânea. A água pode se infiltrar ao menos de duas formas distintas: verticalmente, a partir da chuva que cai acima da caverna, e lateralmente, através da água que percorre lateralmente (through flow) em descontinuidades acima da caverna.”

Uma área no entorno da cavidade deve ser contemplada no raio de proteção para que possa ser garantida a penetração da água de chuva em todos os interstícios da rocha nas proximidades.

A posição da caverna no maciço também deve ser considerada para avaliar a infiltração. De acordo com Auler (2006), quanto mais profunda a caverna, maiores as chances de haver uma dispersão lateral do fluxo. Cavernas rasas tenderão a receber o fluxo de forma predominantemente vertical (Figura 48).

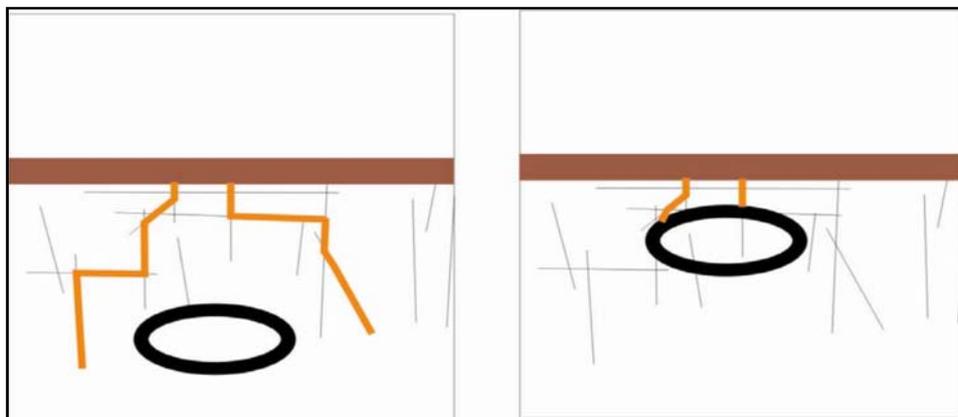


Figura 48: Quanto mais profunda a caverna maior a capacidade de dispersão da água infiltrada, representada na figura pela linha de cor laranja (fonte: AULER, 2006).

Na bacia de contribuição hídrica delimitada no item anterior para cada cavidade, já foi considerada uma área no entorno da planta baixa dos condutos para garantir as condições de infiltração. O limite estabelecido para cada cavidade é considerado suficiente e nele estão contidos todos os afloramentos de rocha onde as cavidades estão inseridas.

14.1.3 Processos Espeleogenéticos

Os processos espeleogenéticos que possam existir e estão promovendo o desenvolvimento da cavidade, devem ser garantidos na delimitação da área de

influência. Necessita ser avaliado qual tipo de processo pode estar atuando na formação das cavidades.

Em rochas areníticas a erosão é o principal processo de desenvolvimento de espaços subterrâneos. A dissolução atua no gatilho inicial do processo e tem uma menor parcela de contribuição no desenvolvimento dos condutos. Os processos erosionais estão ligados principalmente a circulação da água meteórica e subordinadamente a atuação dos ventos. Ocorrem ainda os processos físicos de abatimento de vazios subterrâneos e o desabamento de blocos de lapas e dos paredões.

Os planos de descontinuidade da rocha condicionam a circulação de água e a consequente erosão tanto mecânica como química. A proteção da bacia de contribuição hídrica à montante de cada uma dessas cavidades garante o fluxo de água no interior dos condutos.

“[...] tem-se diferente organização de relevo, em função dos fatores que influenciaram ou intervieram na “modelagem” da superfície topográfica atual. As unidades morfológicas permitem estabelecer diferentes estágios evolutivos do relevo cárstico partindo de uma paisagem fluvial, estruturalmente condicionada à qual é gradativamente segmentada pela implantação de bacias de drenagem fechada originando uma feição fluviocárstica, até a formação de um carste evoluído sem drenagem superficial e fechado”. (SILVA, 1985)

Segundo Auler (2006), sendo os agentes hídricos determinantes na espeleogênese, a área de proteção discutida para a infiltração deverá ser, em grande parte, suficiente para a preservação da dinâmica espeleogenética.

14.1.4 Transporte de Sedimentos Detríticos

Os sedimentos são sumamente importantes para a manutenção do ecossistema da caverna, como modificadores da morfologia subterrânea e como fonte potencial de material paleoambiental, arqueológico e paleontológico (AULER, 2006).

O carreamento de sedimento para o interior da cavidade pode assorear o espaço subterrâneo. A área de contribuição hídrica à montante da cavidade pode ser considerada o limite máximo do transporte clástico. Portanto, a sua preservação é fundamental para o controle da dinâmica de sedimentação. “Os sedimentos detríticos desempenham um papel essencial para a ampliação ascendente dos condutos devido à colmatção do piso por detritos e o favorecimento da dissolução nas paredes e tetos das galerias” (LAUREANO & KARMANN, 2013).

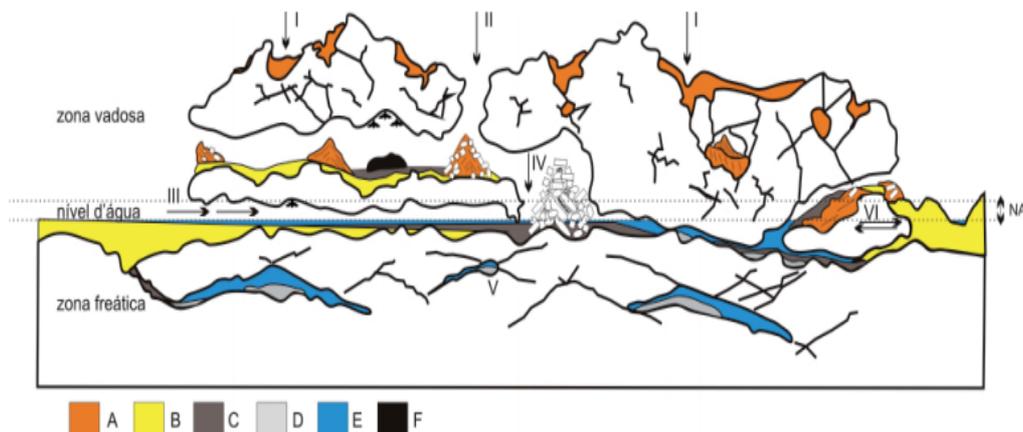


Figura 49: Sedimentos detriticos em um sistema de caverna. As cores correspondem aos tipos de preenchimentos da porosidade secundária: A-material pedogenizado ou proveniente da superfície; B- Alúvio; C- Lamas lacustres ou epifreáticas; D- Resíduo insolúvel; E- Água; F- Guano e outros depósitos orgânicos. As setas ilustram as principais fontes de detritos. I- Fraturas ampliadas do epicarte; II- Abismos; III- Sumidouros; IV- Abatimentos internos; V- Bacias subterrâneas; VI- Retro inundação. Fonte: (LAUREANO & KARMANN, 2013).

14.2 Integridade física

Refere-se à manutenção do aspecto morfológico original da caverna, evitando que haja quaisquer alterações na morfologia das paredes, teto e piso. Também se refere à preservação do aspecto original de formações secundárias, como espeleotemas (depósitos químicos) ou sedimentos clásticos. O aporte ou retirada de sedimento fino, médio e grosso, em excesso, devido a ações antrópicas, caracteriza impacto ambiental.

A integridade física das cavernas está ligada primariamente à sua fragilidade em relação às vibrações. O grau de “amortecimento” do maciço rochoso é altamente variável, dependendo do tipo de vibração e comportamento do invólucro rochoso que circunda a caverna em relação à transmissão de ondas. Na área de estudo, por se tratar de uma UHE, são previstas vibrações no entorno da área onde será construído o barramento e demais estruturas. Nessa área não foram identificadas cavernas passíveis de proteção, objeto deste estudo. As cavernas passíveis de compensação estão localizadas à montante. As cavidades em análise se encontram a montante desta área, afastadas a partir de pouco mais de 5 quilômetros, até mais de 15 quilômetros. Sendo assim, a integridade física das cavidades não sofrerá interferência devido a vibrações durante a instalação do empreendimento.

14.3 Ecossistema subterrâneo

O ambiente cavernícola pode ser caracterizado por uma tendência à estabilidade ambiental e pela ausência permanente de luz em alguns pontos (HOWARTH, 1983; POULSON & WHITE, 1969; BARR, 1967) o que inviabiliza a colonização por

organismos fotossintetizantes, gerando uma escassez alimentar. Assim como a luminosidade, a disponibilidade de recursos alimentares, umidade e temperatura influenciam diretamente na distribuição dos organismos no interior das cavernas (POULSON & WHITE, 1969).

O tipo e a qualidade do recurso, além da forma de disseminação no sistema, são variáveis importantes da composição e abundância da fauna cavernícola (FERREIRA, 2004). Porém, a fonte de recursos na maioria dos sistemas cavernícolas é quase exclusivamente importada do meio externo (BARR, 1967; 1968; MOHR & POULSON 1966). Esses recursos podem chegar ao meio cavernícola por três vias principais: (I) pela água, através de chuvas que escorrem pelas fendas, claraboias, rios subterrâneos ou mesmo pela inclinação da porta de entrada; (II) pelo vento, através das fendas, claraboias ou porta de entrada; e (III) carreado por animais, na forma de fezes ou cadáveres que servirão de base para teias alimentares de muitos organismos cavernícolas (CULVER, 1982).

A conservação da bacia de contribuição hídrica com sua vegetação, topografia, fluxo hídrico e sedimentar é extremamente importante para a manutenção das populações de organismos de todos os níveis tróficos presentes nas cavernas (TRAJANO, 2000; FERREIRA & MARTINS 1999).

14.3.1 Água como agente no aporte de recursos

Devido à restrição de aporte energético em cavidades naturais a água, perene ou intermitente, é um dos principais carreadores energéticos depositando não apenas água, mas carreando detritos vegetais ou carcaças de animais para regiões onde não exista produção primária de energia.

Feições hídricas como gotejamento e percolação não favorecem o carreamento de recursos energéticos devido a suas características filtrantes de baixa energia de fluxo, onde a água permeia pela rocha e/ou solo até chegar à cavidade. Já drenagens e escoamentos perenes ou intermitentes acabam carreando material vegetal, carcaças de animais e detritos para o interior das cavidades.

Não foi identificada nas cavidades a presença de drenagem, apenas feições do tipo gotejamento e poça. Sendo assim, a água não pode ser considerada um dos principais agentes carreadores de aporte energético para a fauna hipógea.

14.3.2 Vento como agente no aporte de recursos

O vento também é um agente carreador de aporte energético para cavidades naturais, carreando em geral detritos vegetais para as regiões de entrada das cavidades. Pavel Dodonov (2013) demonstra que de uma forma geral detritos vegetais são mais abundantes nas zonas de entrada e penumbra de cavidades. Sendo raros ou ausentes

em regiões de penumbra escura ou regiões afóticas. Cavidades de pequenas dimensões podem apresentar uma maior influência no carregamento energético pela ação direta do vento. Eventos estocásticos podem contribuir ou não, com a inserção de aporte energético em cavidades de tamanhos reduzidos, porém cavidades sem zonação afótica ou penumbra escura acabam por reduzir as possibilidades de ocorrência de espécies especializadas como os troglóbios.

Todas as cavidades apresentaram detritos em seu interior, de uma forma geral a contribuição da ação do vento é importante em todas as cavidades do projeto, devido a sua característica de constante recarga energética para as cavidades. A seguir estão apresentadas algumas fotos da ocorrência de detritos vegetais no projeto.

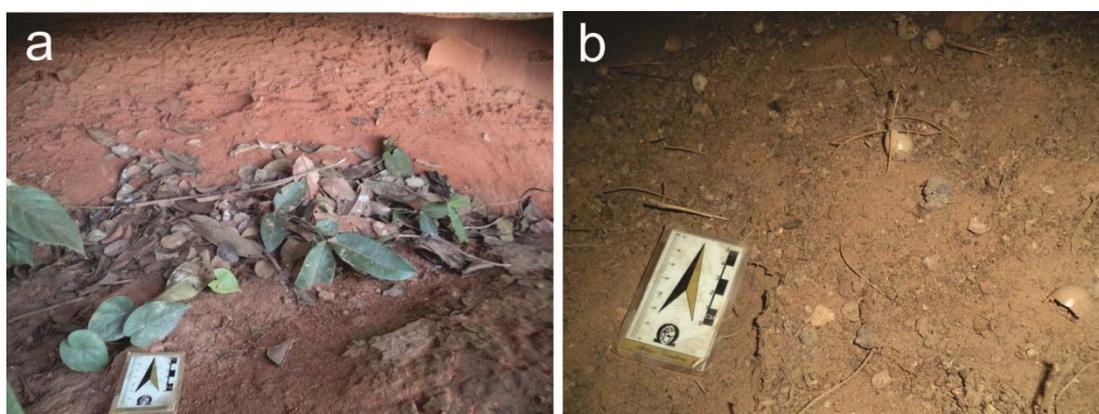


Figura 50: Registro de detritos. a) Caverna Lasca do Abrigo e b) Caverna do Francisco.

14.3.3 Troglóxenos como agentes no aporte de recursos

Os morcegos estão entre os poucos vertebrados a utilizarem cavernas de maneira eficiente como abrigo (KUNZ, 1982), contribuindo com o aporte energético ao ecossistema subterrâneo. Morcegos são de grande importância, atuando na deposição de guano em forma de energia (FERREIRA et al., 2007).

A utilização de cavernas é diferente entre as espécies de morcegos. Enquanto espécies oportunistas são menos dependentes, para as espécies essencialmente cavernícolas esses refúgios naturais são indispensáveis para preservação de suas populações (GUIMARAES & FERREIRA, 2014).

No levantamento bioespeleológico, que englobou duas campanhas de coleta (período chuvoso e seco), foram encontradas duas espécies de morcego pertencentes à família Phyllostomidae (*Carollia brevicauda*) e Emballonuridae (*Peropteryx trinitatis*) (Tabela 53). *Carollia brevicauda* é uma espécie de ampla distribuição geográfica, ocorre em todos os estados brasileiros. Espécie frugívora se alimentando de insetos e néctar ocasionalmente (SAZIMA, 1976). Podem abrigar-se em cavernas, bueiros, galerias

pluviais e edificações abandonadas (TRAJANO & GIMENEZ, 1998; BREDDT et al., 1999; LIMA, 2003).

Peropteryx trinitatis apresenta hábitos alimentar predominantemente insetívoro, ocorrem em florestas úmidas primárias e secundárias, savanas, florestas secas e áreas de monoculturas (HANDLEY-JR, 1976). Abrigam-se em cavernas, fendas rasas, minas e construções.

Tabela 53: Dados sazonais e alimentares da espécie de morcego encontrada na área do estudo e suas cavidades de ocorrência.

Família	Subfamília	Espécie	Hábito Alimentar	Ocorrência
Phyllostomidae	Carollinae	<i>Carollia brevicauda</i>	Frugívoro	Cav. Do Francisco
Emballonuridae	Emballonurinae	<i>Peropteryx trinitatis</i>	Insetívoro	Cav. Da pra Dormir

A diversidade de abrigos disponíveis na grande quantidade de afloramentos existentes na área contribui para que parte das espécies com hábitos alimentares mais restritivos fiquem limitadas a regiões bem preservadas. Poucas espécies tendem a ser mais comuns em ambientes antropizados ou inseridos em áreas rurais de intensa atividade. A ocupação pode ser através de abrigos temporários e ou poleiros de alimentação. Morcegos possuem extensas áreas de vida, podendo ultrapassar 500 ha (e.g. ESTRADA & COATES-ESTRADA, 2001; BERNARD & FENTON, 2003). Estudos com radio-telemetria demonstraram o uso de mais de um habitat a cada noite por algumas espécies de morcegos. Entre os morcegos observa-se tanto a fidelidade ao refúgio, como a troca periódica deste (BERNARD & FENTON, 2003).

Para a Caverna do Francisco e Caverna Dá Pra Dormir, o guano pode representar um importante aporte energético. Na Caverna do Francisco ocorre a maior quantidade de guano observada. Já na Caverna dá Pra Dormir, o depósito se concentra em uma fenda no final do conduto.

14.3.4 Contribuição dos acidentais no aporte de recursos

Serão tratados como acidentais todas as espécies de aves, répteis, anfíbios e mamíferos não voadores encontrados no levantamento bioespeleológico realizado pela Spelayon Consultoria. Considerando registro de outros vertebrados foram encontradas três espécies de réptil squamata (*Tropidurus semitaeniatus*, *Tropidurus oreadicus* e *Phyllopezus pollicaris*) observadas em duas cavidades e uma espécie de ave da espécie *Cathartidae* sp. observada em uma cavidade.

A quantidade de espécies acidentais encontradas no estudo de relevância não gera aporte energético significativo para a comunidade de invertebrados especializados, pois a quantidade de exemplares foi muito restrita.

Segundo a lista oficial de espécies nacionais ameaçadas, discriminada na Portaria N° 444 de dezembro de 2014 do Ministério do Meio Ambiente, nenhuma espécie de vertebrado ameaçado de extinção foi encontrada no presente estudo.

14.3.5 Contribuição de sistemas radiculares no aporte de recursos

Foram encontradas raízes em praticamente todas as cavidades. O sistema radicular pode gerar uma disponibilidade energética em regiões mais profundas, permeando até áreas afóticas de cavidades com grandes dimensões.

O sistema radicular foi considerado significativo no aporte de recursos energéticos na comunidade da fauna cavernícola, pois este recurso é de extrema importância para manutenção da fauna em cavidades superficiais gerando microhábitas e fonte alimentar (HOWARTH, 1983; JASINSKA ET AL., 1996; SOUZA-SILVA, 2003) mantendo assim a cadeia trófica do ambiente.

14.3.6 Conectividade Subterrânea

O ambiente subterrâneo é constituído por um conjunto de canais horizontais e verticais que compreendem extensas redes de espaços de diferentes dimensões e graus distintos de conectividade (Figura 51). Esse conjunto de espaços, chamado de Meio Subterrâneo Superficial (MSS), entre a camada de solo e a rocha matriz pode ser contínuo e conectar cavidades superficialmente isoladas, podendo ser considerada uma eficiente rota de migração utilizada por muitos organismos que transitam entre as cavidades sem sair do meio subterrâneo (CULVER & PIPAN, 2010).

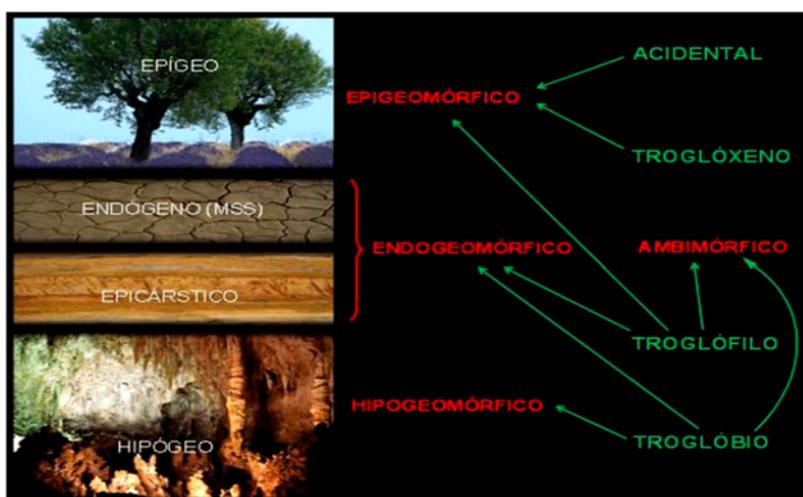


Figura 51: “Compartimentos” de habitats desde o sistema epígeo até uma macro caverna. Em vermelho, as categorias de morfologia diferenciada mais frequentemente associada a cada compartimento e, em verde, as categorias ecológico-evolutivas de organismos associadas às suas morfologias preferenciais (ou mais frequentemente encontradas). Fonte: ICMBio, 2011.

Assim, a manutenção da conectividade dos espaços subterrâneos seria o fator mais importante para o ecossistema cavernícola. Desta forma, a manutenção da dinâmica evolutiva das cavidades seria suficiente para favorecer o ecossistema subterrâneo.

De acordo com o levantamento bioespeleológico realizado nos períodos chuvoso e seco, foram registradas 49 (quarenta e nove) espécies de invertebrados e 06 (seis) espécies de vertebrados. Não foram encontrados organismos troglomórficos e troglóbios.

14.3.7 Vulnerabilidade dos Sistemas Cársticos

Regiões cársticas são extremamente vulneráveis à degradação e poluição. Atividades humanas nestes locais podem gerar impactos aos ecossistemas superficiais e subterrâneos (VAN-BEYNEN & TOWNSEND, 2005; CALO & PARISE 2006).

Segundo Souza-Silva (2003), as entradas das cavernas estão mais susceptíveis às variações diárias de temperatura, umidade e disponibilidade de recursos alimentares quando comparadas aos ambientes afóticos. A incidência de luz favorece a colonização de organismos fotossintetizantes, conseqüentemente ocorre uma maior concentração de matéria orgânica importada do meio externo. Assim, impactos concentrados ao redor das entradas das cavernas podem levar a compactação do solo, erosão, diminuição de recursos tróficos, alteração na composição e abundância das espécies (GILLIESON, 1996).

Alterações antrópicas decorrentes dos diferentes usos e ocupações do solo (turismo, agropecuária, mineração ou centros urbanos) geram impactos negativos sobre a fauna cavernícola. A região de entorno das cavidades e na área de contribuição hídrica verificada, a vegetação está preservada, com árvores, arbustos e gramíneas típicas do ambiente do Cerrado. Sendo assim, faz-se necessário a manutenção e conservação das áreas preservadas do entorno das cavidades diante da implantação do empreendimento, a fim de manter sua integridade e sustentabilidade.

Diante do exposto, sugere-se a criação de áreas de influência comuns, que integrem microbacias do maior número de cavidades em conjunto. Assim, espera-se proporcionar a continuidade do fluxo dos organismos por toda a área.

14.4 Delimitação da área de influência

Os parâmetros que caracterizam a área de influência foram discutidos nos itens anteriores e a proposta de área de influência é resultado de levantamentos de dados de campo e escritório nas cavidades localizadas na área diretamente afetada – ADA e no entorno de 250 m do reservatório da UHE Canto do Rio. Os limites de proteção foram sugeridos a partir da caracterização da dinâmica evolutiva das cavidades e da descrição dos elementos referentes ao ecossistema subterrâneo.

A bacia de contribuição hídrica foi delimitada com a avaliação do deflúvio superficial, da geologia e do contorno do relevo se estendendo à montante. Com relação à infiltração, aos processos espeleogenéticos, ao transporte de sedimentos e ao aporte de recursos tróficos, a bacia de contribuição hídrica seria o limite ideal para garantir a manutenção do ecossistema subterrâneo.

Quanto à integridade física, esta não irá interferir na conservação das cavidades. Caso ocorra desmonte de rocha para viabilizar a instalação do barramento, o mesmo não acarretará em impactos às cavidades, que se encontram afastadas do local proposto para o barramento e do raio de proteção para as detonações.

Dentro destes limites da área de influência estariam, compreendidos os elementos bióticos e abióticos, superficiais e subterrâneos, necessários à manutenção do equilíbrio ecológico e da integridade do ambiente cavernícola. A área de entorno das cavernas se encontra preservada, com vegetação do tipo cerrado nas encostas junto aos afloramentos. Nas proximidades do rio Parnaíba ocorre mata de galeria. Nas áreas de influência propostas não se observam vestígios de alterações antrópicas nos fragmentos de vegetação.



Figura 52: Área de influência proposta para a Caverna Lasca do Abrigo.



Figura 53: Área de influência proposta para a Caverna da Pra Dormir e Caverna Morcego Encantado.

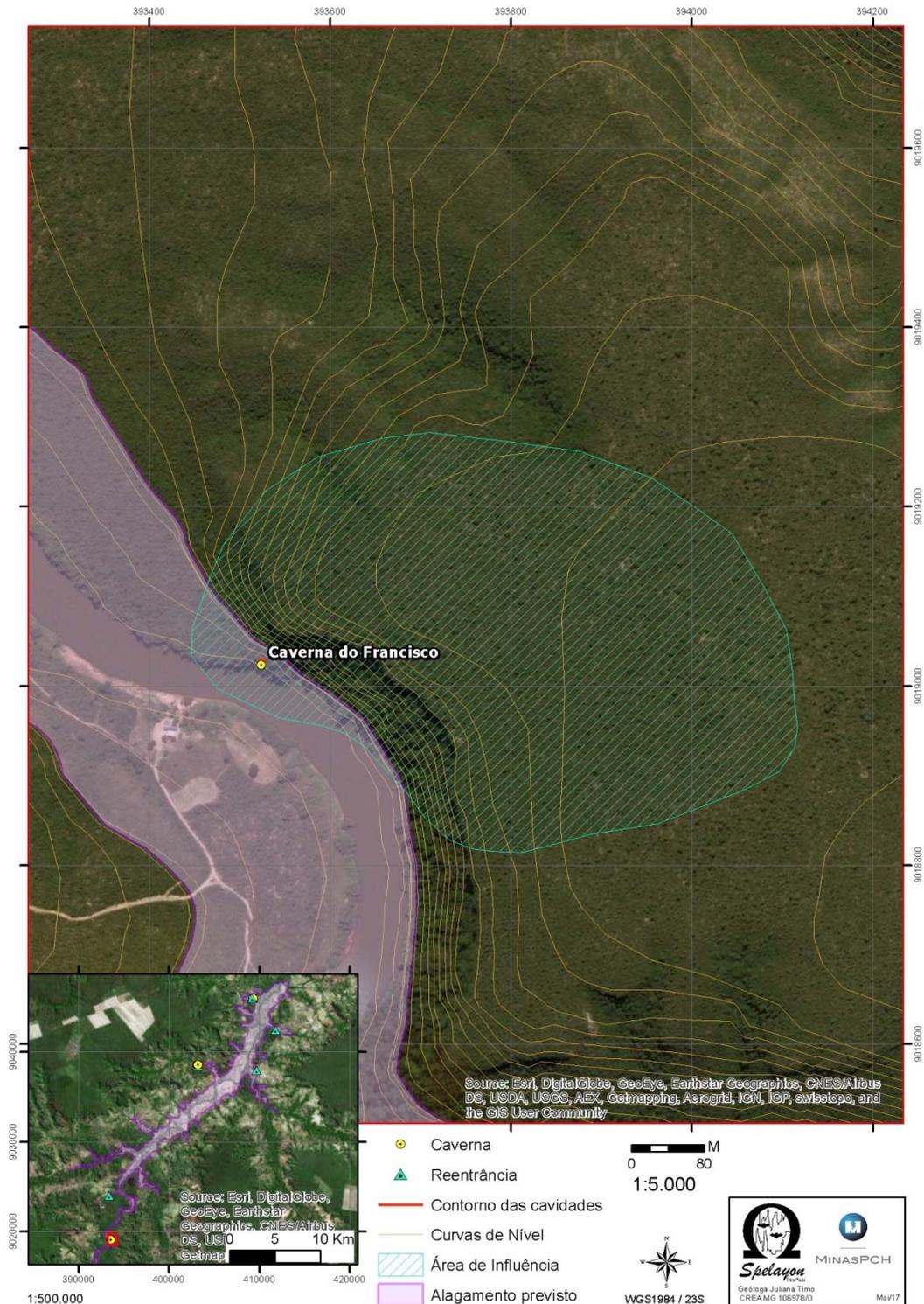


Figura 54: Área de influência proposto para a Caverna do Francisco.

Portanto, a partir das justificativas apresentadas, solicita-se a definição da área de influência das cavidades conforme sugerido nas figuras dos mapas acima. As áreas propostas não são regulares, e foram estabelecidas de forma que a maior importância foi dada para região à montante, referente à bacia de contribuição hídrica. Considera-se que a integridade do ecossistema subterrâneo será preservada com a preservação das áreas sugeridas.

Para garantir que a área estabelecida neste relatório seja suficiente para a dinâmica evolutiva das cavidades, do ecossistema subterrâneo e preservar a integridade física, assim como o contexto natural e cênico do meio externo, é necessário acompanhamento das atividades do empreendimento visando identificar possíveis impactos nas áreas delimitadas.

15 REFERÊNCIAS

- ABRANTES JÚNIOR, F.R. & NOGUEIRA, A.C.R. 2013. **Reconstituição paleoambiental das formações Motuca e Sambaíba, Permo-Triássico da Bacia do Parnaíba no sudoeste do Estado do Maranhão, Brasil.** Revista do Instituto de Geociências – USP, 13(3):65-82.
- ANDRADE JÚNIOR, A.S. de; BASTOS, E.A.; SILVA, C.O. da; GOMES, A.A.N.; FIGUEIREDO JÚNIOR, L.G.M. de. **Atlas Climatológico do Estado do Piauí.** Teresina: EMBRAPA, 2004.
- ARAÚJO, A.F.B. 1987. **Padrões de divisão de recursos em uma comunidade de lagartos de restinga.** Pp 327-342. In:L.D. Lacerda. R. Ciqueira e B. Turcq (orgs).Restingas: Origem, estrutura e processos. CEUFF. Niterói. 475p.
- ARAÚJO R.N. 2015. **Depósitos lacustres rasos da Formação Pedra de Fogo, Permiano da Bacia do Parnaíba, Brasil.** MS Dissertation, Universidade Federal do Pará, Belém, 50 p.
- ARITA, H. T. Rarity in Neotropical Bats: Correlations with Phylogeny, Diet and Body Mass. **Ecological Applications.** vol. 3, n 3. 506-517 p. 1993.
- ATINGEN, N. V.; SCHERER, B. S.; VARÃO, A. M. **Estudos Espeleológicos das Cavidades Naturais na Área da UHE - Estreito - MATO: Prospecção e Documentação Básica.** In: 31º Congresso Brasileiro de Espeleologia. Ponta Grossa-PR, SBE, Anais... 2011.
- AULER, A.S. **Protocolo de estudos ambientais em regiões com cavidades naturais subterrâneas e indicativo jurídico. PROJETO BRA/01/039 – Relatório 1, 2 e 3. Apoio à reestruturação do Setor Energético.** Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento – PNUD, Ministério de Minas e Energia – MME, 2006. 50p
- BARR, T. C. JR. 1967. **Observations on the Ecology of caves.** The American Naturalist 101 (922): 475-491.
- BARR, T. C. JR., 1968. **Cave ecology and evolution of troglobites.** Evolutionary Biology 2: 35-102.
- BERNARD, E. & B. FENTON, 2003. **Bat mobility and roosts in a fragmented landscape in central Amazônia, Brazil.**Biotropica, Storrs, 35 (2): 262-277.
- BERGALLO, H.G e ROCHA, C.F.D. 1993. **Activity patterns and body temperatures of two sympatric lizards with different foraging tactics in southeastern Brazil.** Amphibia-Reptilia, 14:312-315.

BIOTA. **Levantamento Espeleológico do Parque Nacional da Chapada das Mesas.** Relatório Técnico Final. Biota Projetos e Consultoria Ambiental LTDA. UHE Estreito, 2013.

CALO F. & M. Parise. 2006. Evaluating the human disturbance to karst environments in southern Italy. **Acta Carsologica** 35(2): 47-56.

CAVALCANTI, Lindalva Ferreira et al. Plano de ação nacional para a conservação do patrimônio espeleológico nas áreas cársticas da Bacia do Rio São Francisco. Brasília: **Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade**, Instituto Chico Mendes. p. 140. 2012

CHESF; CNEC. **Caracterização do Patrimônio Espeleológico da Área de Influência Direta do AHE Ribeiro Gonçalves.** CHESF (Companhia Hidro Elétrica do São Francisco); CNEC (Consórcio Nacional de Engenheiros Consultores S/A). Agosto 2011.

CONAMA. **RESOLUÇÃO CONAMA 347, de 10 de setembro de 2004** - Dispõe sobre a proteção do patrimônio espeleológico.

CORRÊA NETO, A. V.; ANISIO, L. C. C.; BRANDÃO, C. P.; CINTRA, H. B. 1997. **Gruta das Bromélias (MG042), Serra do Ibitipoca, município de Lima Duarte, MG:** uma das maiores cavernas em quartzito do mundo. *Espeleo-Tema*, SBE, v. 18, p. 1-12.

COSTA, L. M.; PRATA, A. F. D.; MORAES, D.; CONDE, C. F. V.; NOGUEIRA, T. J.; ESBÉRARD, C. E. L. 2006. Deslocamento de *Artibeus fimbriatus* sobre o mar. **Chiroptera Neotropical**, 12(2) p: 289 - 290.

CRUMP, M. L. 1982. **Amphibian reproductive ecology on the community level.** In N. J. Scott Jr. (ed.), *Herpetological Communities*, pp.21-36, Wildlife Research Report 13, Washington D. C.

CULVER, D. C. **Cave Life. Massachusetts & London:** Harvard University Press, 1982.

CULVER, D. C. PIPAN, T. **The Biology of Caves and Other Subterranean Habitats.** Oxford University Press. New York, USA. p. 109-130. ISBN 978-0-19-921992-6 (Hbk.) 978-0-19-921993-3 (Pbk.). 2009.

CULVER, D. C.; PIPAN, T. **Superficial subterranean habitats** – gateway to the subterranean realm? *Cave and Karst Science*, 35 (1-2): 5-12. 2009b.

CULVER, D. C.; WHITE, W. B. 2005. **Encyclopedia of caves.** San Diego: Elsevier Academic Press, 654p.

CULVER, D. C. WHITE, W. B. **Encyclopedia of Caves.** Elsevier. London, UK. 945p, 2012.

CUNHA, F.M.B. **Evolução paleozóica da bacia do Parnaíba e seu arcabouço tectônico**. 1986. 107p. Dissertação (Mestrado em Geologia) - Programa de Pós-graduação em Geologia, Instituto de Geociências, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro.

DECRETO FEDERAL Nº 6.640, de 7 de outubro de 2008 - Dispõe sobre a proteção das cavidades naturais subterrâneas existentes no território nacional, e dá outras providências.

DESSEN, E. M. B.; V. R. ESTON; M. S. SILVA; M.T. TEMPERINI-BECK; E. TRAJA NO. 1980. **Levantamento preliminar da fauna de cavernas de algumas regiões do Brasil**. Ciênc. Cult., n. 32 v.6, p. 714-25.

DODONOV, P.; FREITAS, J.; TEZORI, R.; BICHUETTE, MARIA ELINA. 2013. Avaliação in situ do aporte de alimento nas diferentes zonas de uma caverna: estudo de caso e recomendações metodológicas. Revista da Biologia, v. 10, p. 8-12.

EDINGTON, M. **Biological observation on the ogbuike cave system, Anambra state, Nigeria**. Studies in Speleology, Buxton, v. 5, n. 1, p. 31-38, 1984.

ESTRADA, A.; COATES-ESTRADA, R. 2001. Species composition and reproductive phenology of bats in a tropical landscape at Los Tuxtlas, México. **Journal of Tropical Ecology**. (17): 672 - 646.

ESTRADA, A., COATES-ESTRADA, R. & MERITT, D. 1994. Non flying mammals and landscape changes in the tropical rainforest region of Los Tuxtlas, Mexico. **Ecography** 17: 229–241.

ESTRADA, A. & COATES-ESTRADA, R. 1996. Tropical rain forest fragmentation and wild populations of primates at Los Tuxtlas. **International Journal of Primatology**. 5:759–783.

FAIVOVICH, J., C. F. B. HADDAD, P. C. A. GARCIA, D. R. Frost, J. A. Campbell, and W. C. Wheeler. 2005. **Systematic review of the frog family Hylidae, with special reference to Hylinae: phylogenetic analysis and taxonomic revision**. Bulletin of the American Museum of Natural History 294:1-240.

FERREIRA, R. L. and R. P. MARTINS. 1999. Trophic structure and natural history of bat guano invertebrate communities, with special reference to Brazilian caves. **Tropical Zoology** 12:231-252.

FERREIRA, R. L., 2004. **A medida da complexidade ecológica e suas aplicações na conservação e manejo de ecossistemas subterrâneos**. Tese de Doutorado em Ecologia, Conservação e Manejo de Vida Silvestre, Universidade Federal de Minas GERAIS, BELO HORIZONTE, BRASIL.

- FERREIRA, R. L. 2013. **Biologia subterrânea: conceitos gerais e aplicação na interpretação e análise de estudos de impacto ambiental**. IV Curso de espeleologia e licenciamento ambiental, p. 94-113, 22-27.
- FERREIRA, R. L.; PROUS, X.; MARTINS, R. P. 2007. **Structure of bat guano communities in a dry Brazilian cave**. Tropical Zoology, Firenze, v. 20, n. 1, p. 55-74.
- FREIRE, E. M. X., FEIO, R. N., POMBAL, JR., J. P. 2000. **Geographic Distribution *Phyllopezus periosus***. Herpetological Review, Cincinnati, 31, n.1: p.54.
- GEOANÁLISES. **Levantamento Espeleológico Das Cavidades na Área da AHE Estreito na Área de Alagamento do Futuro Reservatório**. Geonálises Sondagens e Monitoramento. Setembro 2010.
- GIBERT J; DANIELOPOL D. L.; STANFORD J.A.; eds. 1994. **Groundwater Ecology**. San Diego (CA): Academic Press.
- GILLIESON, D. 1996. **Caves: processes, development and management**. Blackwell Publishers Inc., 324 pp.
- GNASPINJ-NETTO, P. 1989. **Análise comparativa da fauna associada a depósitos de guano de morcegos cavernícolas no Brasil**. Primeira aproximação. Revista brasileira de Entomologia, v. 33 n.2, p.183-192.
- GÓES, A.M. de O.; FEIJÓ, F. J. – 1994 – **Bacia do Parnaíba**. Boletim de Geociências da Petrobrás, Rio de Janeiro, V. 8, p.57-67.
- GREENHALL, A. M., JOERMANN, G. & SCHMIDT, U. 1983. *Desmodus rotundus*. **Mammalian Species** (202) Pg.: 1 - 6.
- GUIMARÃES, M. M.; FERREIRA, R. L.. 2014. **Morcegos Cavernícolas do Brasil: novos registros e desafios para conservação**. Revista Brasileira de Espeleologia, v. 2, p. 1-33.
- HATANO, F.H., VRCIBRADIC, D., GALDINO, C.A.B., CUNHA-BARROS, M., ROCHA, C.F.D. e VAN SLUYS, M. 2001. **Thermal ecology and activity patterns of lizards community of restinga of Jurubatiba, Macaé, RJ**. Revista Brasileira de Biologia, 61:287-294.
- HANDLEY JR., C. O. 1976. **Mammals of the Smithsonian Venezuelan Project**. Brigham Young University, Science Bulletin, Biological Series. v.20, n.5. p.1-91.
- HEYER, W.R.; DONNELLY, M.A.; McDIARMID, R.W.; HAYEK, L.C. e FOSTER, M.S. 1994. **Measuring and monitoring biological diversity. Standard methods for Amphibians**. Smithsonian Institution Press, Washington.

- HOLSINGER, J. R.; CULVER, D. C. The invertebrate cave fauna of Virginia and a part of Eastern Tennessee: Zoogeography and Ecology. *Brimleyana*, 14: 1-162, 1988.
- HOWARTH, F. G. 1983. **Ecology of caves arthropods**. *Annual Review of Entomology* 28: 365-389.
- IBGE. **Mapa de unidades de relevo do Brasil**. 2. ed. Rio de Janeiro: IBGE, 2006.
- IBGE. **Manual Técnico de Geomorfologia**. 2 ed. Rio de Janeiro: IBGE, 2009.
- JASINSKA, E. J.; KNOTT, B; McCOMB, A. J. Root mats in groundwater: a fauna- rich cave habitat. **Journal of North American Benthological Society**, n. 15, vol. 4, p. 508 - 519, 1996.
- JUBERTHIE C, DECU V, eds. 1994. **Encyclopaedia Biospeologica**. Tome 1. 2. Moulis (France): Société de Biospéologie.
- KARMANN, I.; SÁNCHEZ, L. E., 1979. **Distribuição das Rochas Carbonáticas e Províncias Espeleológicas do Brasil**. *Espeleo-Tema* 13: 105-167p.
- KLAUS, S., MENDOZA, J., LIEW, J., PLATH, M., MEIER, R., & YEO, D. Rapid evolution of troglomorphic characters suggests selection rather than neutral mutation as a driver of eye reduction in cave crabs. *Biology Letters*. Vol. 9 (2), 2013.
- KUNZ, T. H. (ed.). 1982. *Ecology of bats*. Plenum Press, New York, 425 pp.
- LAUREANO & KARMANN. 2013. **Sedimentos clásticos em sistemas de cavernas e suas contribuições em estudos geomorfológicos: uma revisão**. *Revista Brasileira de Geomorfologia*, v.14, n.1, (Jan-Mar) 23-33 pp.
- LAW, B. S., ANDERSON, J., CHIDEL, M., 1999. Bat communities in a fragmented landscape on the south-west slopes of New South Wales, Australia. **Biological Conservation**. (88): 333–345.
- LIMA E.A.M. & LEITE J.F. 1978. **Projeto estudo global dos recursos mineiras da Bacia Sedimentar do Parnaíba: integração geológica-metalogenética**. Recife, Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais, Relatório Final da Etapa III, 212 p.
- MENEZES-JR, L. F.; DUARTE, A. C.; NOVAES, R. L. M.; FAÇANHA, A. C.; PERACCHI, A. L.; COSTA, L. M.; FERNANDES, A. F. P. D.; ESBÉRARD, C. E. L. 2008. Deslocamento de *Artibeus lituratus* (Olfers, 1818) (Mammalia, Chiroptera) entre ilha e continente no Estado do Rio de Janeiro, Brasil. **Biota Neotrop**. 8 (2). Pg.: 243 - 245.
- MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. **Instrução Normativa Nº 002 de 20 de Agosto de 2009**, que estabelece uma metodologia específica para a determinação do grau de relevância das cavidades naturais subterrâneas.

MMA. Ministério do Meio Ambiente, Secretaria de Recursos Hídricos. **Caderno da Região Hidrográfica do Parnaíba**. Brasília, 2006.

MONTEIRO, R. C.; RIBEIRO, L. F. B., 2001. **Espeleogênese de Cavernas Areníticas: Algumas considerações aplicadas à província espeleológica da Serra de Itaqueri, Estado de São Paulo, Brasil**. Boletín Informativo de la Comisión de Geospeleología. Federación Espeleológica de América Latina y el Caribe-FEALC.

MOHR, C. E. & POULSON, T. L., 1966. **The life of the cave**. McGraw-Hill Book, New York, 232 pp.

NOWAK, R.M. 1994. **Walker's bats of the world**. Baltimore, Johns Hopkins University Press, 287p.

OLIVEIRA, M. P. A. **Os métodos de coleta utilizados em cavernas são eficientes para a amostragem da fauna subterrânea?** 2015. 126 p. Dissertação (Mestrado em Ecologia Aplicada) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2014.

OFFERMAN, H. L., DALE, V. N., PEARSON, S. M., BIERREGAARD, O. & O'NEILL, R. V. 1995. Effects of forest fragmentation on Neotropical fauna: current research and data availability. **Environmental Review** 3:190 - 211.

PASSOS, D. C. 2013. **Basking in shadows and climbing in the darkness: microhabitat use, daily activity and thermal ecology of the gecko *Phyllopezus periosus*, Rodrigues, 1986**. *Herpetozoa* 25 (3/4): 171-174.

POULSON, T. L & WHITE, W. B., 1969. **The cave environment**. *Science* 165: 971-981.

RABINOWITZ, D. 1981. Seven forms of rarity. Pages 205-217 in H. Synge, editor. *The biological aspects of rare plant conservation*. John Wiley, Chichester, UK.

RABINOWITZ, D., S. CAIRNS, and T. DILLON. 1986. **Seven forms of rarity and their frequency in the flora of the British Isles**. Pages 182-204 in M. E. Soulé, editor. *Conservation biology: the science of scarcity and diversity*. Sinauer, Sunderland, Massachusetts, USA.

RAFAEL, J. A.; DE MELO, G. A. R.; DE CARVALHO, C. J. B.; CASARI, S. A.; CONSTANTINO, R. 2012. **Insetos do Brasil: Diversidade e Taxonomia**. Ribeirão Preto, 810 p.

RIBEIRO, L. F. B.; MONTEIRO, R. C.; SIQUEIRA, M. C. FERNANDEZ, R. E. 1999. Caverna em Laterita. In: **SIMPÓSIO DE GEOLOGIA DO SUDESTE**, 6, 1999, São Pedro. Boletim de Resumos... Rio Claro: SBG/NSP e NRJ e IGCE, UNESP/Rio Claro. p. 105.

RIBEIRO, J. F.; WALTER, B. M. T. Fitofisionomias do Bioma Cerrado. IN: SANO, S. M.; ALMEIDA, S. P. **Cerrado: ambiente e flora. Planaltina: EMBRAPA – CPAC, 1998.** 556p.

RICCOMINI, C.; SALLUN FILHO, W.; FERREIRA, N. B.; COIMBRA, A. M. 1996. **Estruturas de liquefação em arenitos eólicos da Formação Botucatu (Ki) na Serra de Itaqueri, SP.** In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 39, 1996, Salvador. Anais... Salvador: SBG. v.1 (Sessões Temáticas), p. 151-153.

ROCHA, C. F. D. 1994. Introdução à ecologia de lagartos brasileiros, pp. 39 – 57. In: L. B. Nascimento, A. Bernardes e G. A. Cotta (eds.). Herpetologia no Brasil I. PUC-MG, Belo Horizonte, 134p.

ROCHA, C.F.D and BERGALLO, H.G. 1990. Thermal biology and flight distance of *Tropidurus oreadicus* in an area of Amazonian Brazil. *Ethology, Ecology & Evolution*, 2:263-268.

ROCHA, C.F.D and VAN SLUYS, M. 2007. **Herpetofauna de restingas.** Pp.44-65. In: L.B. Nascimento e M.E. Oliveira (orgs). Herpetologia do Brasil II. Belo Horizonte, Sociedade Brasileira de Herpetologia. 354p.

RODRIGUES, M. T. 1986. Uma nova espécie do gênero *Phyllopezus* de Cabaceiras: Paraíba: Brasil, com comentários sobre a fauna de lagartos da área (Sauria, Gekkonidae). **Papéis Avulsos de Zoologia, São Paulo**: 36 (20): 237-250.

RODRIGUES, M. T. 1987. **Sistemática, ecologia e zoogeografia des *Tropidurus* do grupo *torquatus* ao sul do rio Amazonas (Sauria, Iguanidae).** *Arquivos de Zoologia* 31(3): 105 – 230.

SANTOS, Maria Eugênia de Carvalho Marchesini; CARVALHO, Marise Sardenberg Salgado de. **Paleontologia das bacias do Parnaíba, Grajaú e São Luís.** – Rio de Janeiro : CPRM Serviço Geológico do Brasil – DGM/DIPALE - 2009.

SARBU, S. M.; KANE, T. C.; KINKLE, B. K. 1996. A chemoautotrophically based cave ecosystem. **Science**. 272: 1953-1955.

SCHULZE, M. D.; SEAVY, N. E.; WHITACRE, D. F. 2000. A comparison on the Phyllostomidae bat assemblages in undisturbed Neotropical forest and in forest fragments of a slash-and-burn farming mosaic in Petén, Guatemala. **Biotropica** 32 (1): 174 – 184.

SECRETARIA DE ESTADO DE MEIO AMBIENTE E DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL – SEMAD. **Instrução de Serviço SEMAD N° 03, de 26 de dezembro de 2014.** Dispõe sobre os procedimentos administrativos a serem realizados pelas Superintendências Regionais de Regularização Ambiental – SUPRAM, pelos Núcleos

Regionais de Regularização Ambiental – NRRA e pelo Núcleo de Atendimento aos Projetos Públicos Prioritários – NAP, do Sistema Estadual do Meio Ambiente e Recursos Hídricos Sisema/Semad, quanto a empreendimentos considerados efetiva ou potencialmente poluidores ou degradadores de cavidades naturais subterrâneas, a fim de compatibilizar os estudos de prospecção espeleológica, de áreas de influência de cavidades, de classificação da relevância e definição de compensações, com as fazes de licenciamento ambiental no Estado de Minas Gerais.

SENDRA A.; *et al.* **Hypogenic versus epigenic subterranean ecosystem: lessons from eastern Iberian Peninsula.** International Journal of Speleology, Tampa, n. 43, v. 3, p. 253-264, set, 2014.

SILVA, M. S. 2003. **Dinâmica de disponibilidade de recursos alimentares em uma caverna calcária.** Dissertação de mestrado. 2003. 76f. Universidade Federal de Minas Gerais (Mestrado em Ecologia Conservação e Manejo da Vida Silvestre). Universidade Federal de Lavras, Lavras.

SOMA Consultoria Ambiental. 2017. **Estudo de Impacto Ambiental – EIA UHE Canto do Rio, Revisão 02, Rio Parnaíba MA/PI, 4.461 p.**

SOUZA-SILVA, M; MARTINS R. P.; R. L. FERREIRA. Cave lithology determining the structure of the invertebrate communities in the brazilian atlantic rain forest. **Biodiversity and conservation**, v. 8, n. 20, p. 1713-1729. 2011.

TRAJANO, E. 1987. **Fauna cavernícola brasileira: composição e caracterização preliminar.** Revista brasileira de Zoologia, v.3, n.8, p. 533-561.

TRAJANO E. 2000. **Cave faunas in the Atlantic tropical rain forest: composition, ecology and conservation.** Biotropica 32: 882-893.

TRAJANO, E.; BICHUETTE, M. E. *Biologia Subterrânea: Introdução.* 92 p., Redespeleo Brasil, São Paulo, 2006.

TRAJANO, E.; GNASPINI-NETTO, P. 1990. **Composição da fauna cavernícola brasileira, com uma análise preliminar da distribuição dos táxons.** Revista Brasileira de Zoologia, v. 7, n. 3, p. 383-407.

TURNER, I. M. 1996. Species loss in fragments of tropical rain forest: a review of the evidence. **Journal of Applied Ecology**, (33): 200–209.

VAN BEYNEN, P. & K. Townsend, 2005: A disturbance index for karst environments.- **Environmental Management**, 36 (1), 101-116.

Vasconcelos, A.M., Kosin, M., Souza, J.D. de, Valente, C.R., Neves, J.P., Heineck, C.A., Lacerda Filho, J.V., Teixeira, L.R., Borges, V.P., Bento, R.V., Guimarães, J.T., Neves, J.P., Oliveira, I.W.B., Gomes, I.P., Malouf, R.F., Carvalho, L.M. de, Abreu Filho,

W., 2004. Folha SC.23 - Rio São Francisco. In: Schobbenhaus, C., Gonçalves, J.H., Santos, J.O.S., Abram, M.B., Leão Neto, R., Matos, G.M.M., Vidotti, R.M., Ramos, M.A.B., Jesus, J.D.A.de. (eds.), **Carta Geológica do Brasil ao Milionésimo**, Sistema de Informações Geográficas. Programa Geologia do Brasil, CPRM, Brasília. CD-ROM.

VAZ, P. T., Mata Rezende, N. G. A., WANDERLEY FILHO, J. R., TRAVASSOS, W. A. S. 2007. **Bacia do Parnaíba**. Boletim de Geociências da Petrobras, 15(2):253-263, maio/nov.

VANZOLINI, P. E., RAMOS-COSTA, A. M. M. & Vitt, L. J. 1980. **Répteis das Caatingas**. Academia Brasileira de Ciências, Rio de Janeiro, p.161.

VARGENS, M.M.F., DIAS, E.J.R. e LIRA-DA-SILVA, R.M. 2008. Ecologia térmica do lagarto endêmico *Tropidurus hygomi* na restinga de Abaeté, Salvador, Bahia. Bol. Mus. Biol. Mello Leitão (N. SÉR.) 23:143-156.

VAN SLUYS, M., ROCHA, C.F.D., VRCIBRADIC, D, GALDINO,C.A.B and FONTES, A.F. 2004. **Diet, activit and microhabitat use of two syntopic *Tropidurus* species (Lacertilia: Tropiduridae) in Minas Gerais, Brazil**. Journal of Herpetology, 38:606-611.

VAN SLUYS, M. 1992. **Aspectos da ecologia do lagarto *Tropidurus itambere* (Iguanidae) em uma área do sudoeste do Brasil**. Revista Brasileira de Biologia, 52:181-185.

VITT, L.J. 1995. The ecology of tropical lizard in in the Caatinga of northeast Brazil. Occasional Papers of the Oklahoma Museum of Natural History, 1:1-29.

WILLIAMS, P. W. **The role of the epikarst in karst and cave hydrogeology:a review**. International Journal of Speleology, v. 37, p. 1–10, 2008.

Workshop Troglóbios Raros, 2011, Belo Horizonte, Minas Gerais, Instituto do Carste.

ZAMPAULO, R. **Diversidade de invertebrados cavernícolas na Província Espeleológica de Arcos, Pains e Doresópolis (MG): subsídios para a determinação de áreas prioritárias para conservação**. [s.l.] Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2010.

ZAMPAULO, R.A. Diversidade de espécies troglóbias em cavidades ferríferas do Parque Estadual da Serra do Rola Moça (PESRM), Minas Gérias. In: RASTEIRO, M.A.; SALLUN FILHO, W. (orgs.) CONGRESSO BRASILEIRO DE ESPELEOLOGIA, 33, 2015. Eldorado. Anais... Campinas: SBE, 2015. p. 87-97. Disponível em: Acesso em: 12 set. de 2016.

<http://www.icmbio.gov.br/cecav/orientacoes-e-procedimentos/area-de-influencia.html>



EQUIPE TÉCNICA ENVOLVIDA NO PROJETO

JULIANA BARBOSA TIMO
GEÓLOGA/ESPELEÓLOGA - CREA MG 106.978/D

ÍVIA LEMOS BARROSO
GEÓGRAFA/ESPELEÓLOGA - CREA MG 140645/D

ELMIR LÚCIO BORGES FILHO
BIÓLOGO/ ESPELEÓLOGO - CRBio 104037/04/D

THIAGO DOS SANTOS
BIÓLOGO/ ESPELEÓLOGO - CRBio 62372/04/D



Anexo 1: Amostra Espeleométrica.



Anexo 2: Croquis Topográficos das Cavidades.



Anexo 3: Fichas Geoespeleológicas das Cavernas.



Anexo 4: Modelo de Ficha Bioespeleológica.



Anexo 5: Lista de Espécies.



Anexo 6: Lista de Espécies para Cálculo de Abundância.



Anexo 7: Licença de Coleta e Cartas de Aceite.



Anexo 8: ART e CTF.

Anexo 9: Comprovante de envio Declaração de aptidão dos Técnicos

Anexo 10: Diagnóstico Espeleológico UHE Canto do Rio (Soma, 2017)