

# **DIAGNÓSTICO ESPELEOLÓGICO UHE CANTO DO RIO (MA/PI)**

Capítulo 6.1.6 Potencialidade Espeleológica

Extrato do Estudo de Impacto Ambiental – EIA / Revisão 02

16/01/2017

(Cap. VI Páginas 188 / 2028 a 226 / 2028)

Com base nas características geotectônicas listadas abaixo é possível inferir que a região do empreendimento é pouco suscetível ao surgimento de atividade sísmica induzida e que eventuais tremores, caso ocorram, serão de baixa magnitude:

- As estruturas tectônicas de grande envergadura descritas na região do empreendimento (Ponte Alta do Norte e de Lizarda) segundo os registros estratigráficos estiveram ativas do pré-Cambriano ao cretáceo, não sendo registradas movimentações mais recentes.
- A inexistência de estruturas em escala de afloramento que afetem as exposições das litologias recentes, que poderiam indicar uma neotectônica ativa na área do empreendimento;
- Condicionante da tectônica mapeada por imageamento indica um agente tectônico que produz estruturas NW-SE, perpendiculares ao alinhamento do Lineamento Transbrasiliano;
- A inexistência de sismos a um raio de 100 km para sismos mais antigos e 300 km para os sismos mais recentes.

Embora nenhum fator abordado neste estudo indique que a região é instável tectonicamente, como a inserção de um novo condicionante ambiental pode reativar antigas estruturas, então é possível que seja gerada uma sismicidade induzida de baixa magnitude, o que será monitorada por programa específico.

## **6.1.6 Potencialidade Espeleológica**

### **6.1.6.1 Introdução**

Este item apresenta os resultados da prospecção espeleológica para a obtenção de Licença Prévia (LP) da Usina Hidrelétrica Canto do Rio, situada no rio Parnaíba, nos municípios de Alto Parnaíba e Tasso Fragoso, no estado do Maranhão, e Santa Filomena, no Piauí.

### **6.1.6.2 Legislação Aplicável**

A legislação relativa à espeleologia no Brasil vem colecionando normatizações específicas ao tema, desde a década de 1980. Atualmente existe toda uma legislação pertinente à área espeleológica, promovendo a proteção, estudo e manejo das cavidades. O Artigo 1º do Decreto Federal Nº 6.640/2008, determina e define que:

*“Artigo 1º - As cavidades naturais subterrâneas existentes no território nacional deverão ser protegidas, de modo a permitir estudos e pesquisas de ordem técnico-científica, bem como atividades de cunho espeleológico, étnico-cultural, turístico, recreativo e educativo.*

*Parágrafo único. Entende-se por cavidade natural subterrânea todo e qualquer espaço subterrâneo acessível pelo ser humano, com ou sem abertura identificada, popularmente conhecido como caverna, gruta, lapa, toca, abismo, fuma ou buraco, incluindo seu ambiente, conteúdo mineral e hídrico, a fauna e a flora ali encontrados e o corpo rochoso onde os mesmos se inserem, desde que tenham sido formados por processos naturais, independentemente de suas dimensões ou tipo de rocha encaixante.”*

O interesse do poder público na proteção e conservação de cavernas foi manifestado oficialmente pela primeira vez através da Resolução do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA) Nº 009/86, que criou uma Comissão Especial para tratar de assuntos relativos à preservação do Patrimônio Espeleológico. Como resultado dos trabalhos da referida Comissão foi publicado a Resolução CONAMA Nº 005/87, que aprova o “Programa Nacional de Proteção ao Patrimônio Espeleológico”, em que se destaca o item 3º que estabelece “que seja incluída na Resolução CONAMA Nº 001/86, a obrigatoriedade de elaboração de Estudo de Impacto Ambiental nos casos de empreendimento potencialmente lesivos ao Patrimônio Espeleológico Nacional”.

Com a promulgação da Constituição Federal de 1988, o Artº 20 inciso X estabelece que as cavidades naturais subterrâneas são “bens da União”.

No ano de 1990, o Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis (IBAMA) através da Portaria Nº 887/90 estabeleceu as principais normas para a gestão das cavernas brasileiras, com destaque para o Art. 3º, que limitou o uso das cavidades naturais subterrâneas apenas a estudos de ordem técnico-científica, bem como atividades de cunho espeleológico, étnico-cultural, turístico, recreativo e educativo.

Ainda no mesmo ano, foi publicado o Decreto Federal Nº 99.556/90 que dispõe sobre a proteção das cavidades naturais subterrâneas existentes no território nacional, com destaque para o texto original do Art. 1º, que posteriormente foi alterado Artigo 1º do Decreto Federal Nº 6.640/08.

A Resolução CONAMA Nº 347/04 trouxe pela primeira vez o conceito de cavidade natural subterrânea relevante, que até então não tinha sido considerada na

legislação anteriormente estabelecida. De acordo com o inciso II, do art. 2º, são relevantes as cavidades naturais subterrâneas que apresentem significativos atributos ecológicos, ambientais, cênicos, científicos, culturais ou socioeconômicos, no contexto local ou regional.

Em 2008 houve a publicação do Decreto Federal Nº 6.640/08 que prevê a classificação das cavernas segundo quatro graus de relevância: máximo, alto, médio e baixo. Segundo o decreto, as cavernas de relevância máxima “não podem ser objeto de impactos negativos irreversíveis”, e as cavernas classificadas com grau de relevância alto, médio ou baixo poderão “ser objeto de impactos negativos irreversíveis, mediante licenciamento ambiental”.

A metodologia e atributos (parâmetros) para classificação do grau de relevância das cavernas foram estabelecidos na Instrução Normativa Nº 02/09 do Ministério do Meio Ambiente.

Assim, o Decreto Nº 6.640 de 2008 e a Instrução Normativa Nº 2 do MMA publicada em 2009, dispõem sobre a proteção e metodologia para classificação da relevância das cavernas brasileiras.

#### 6.1.6.3 Contextualização Geomorfológica-Geológica

Na área da bacia hidrográfica do Parnaíba, onde está inserida a área de interesse do presente estudo, ocorrem rochas sedimentares as mais variadas, porém os calcários nos quais há ocorrência mais significativa de espeleogênese se apresentam em pouquíssimos casos (ocorrem esbranquiçados e oolíticos), abundando arenitos de diferentes texturas, mas que por processos associativos de corrosão-erosão podem apresentar cavidades. Por essa característica peculiar, as cavernas de dimensões maiores 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.

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 (Figura 6.1.6.3.1).



Fonte: Estudo espeleológico da UHE Canto do Rio, 2016.

Figura 6.1.6.3.1 – Morros residuais no alto curso do rio Parnaíba, margem direita.

O clima é contemporaneamente megatérmico (temperatura média anual oscilando entre 26 °C e 27 °C), com deficiência hídrica no inverno. O trimestre mais chuvoso compreende os meses de dezembro, janeiro e fevereiro, o mais seco ocorre em junho, julho e agosto, sendo julho o de menor pluviosidade. As precipitações variam de 900 a 1.500 mm, esses índices se contrapõem à evaporação média anual entre 1.250 e 1.600 mm (IBGE, 1996)

A morfoestrutura geomorfológica (IBGE, 2006) presente no Alto Parnaíba tem nas chapadas seu principal elemento, constituídas sobre bacias sedimentares (Figura 6.1.6.3.2). 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. Nas planícies fluviais ocorrem os Solos Aluviais eutróficos e Solos Gleizados com textura indiscriminada. 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).

A área de prospecção deste trabalho encerra-se na Bacia Sedimentar, em primeiro plano, no contexto da formação Piauí, cujas camadas foram divididas em duas partes (AGUIAR, 1971; LIMA & LEITE, 1978 e LIMA FILHO, 1992, *apud* SANTOS E CARVALHO, 2009, p. 77-78):

- inferior, constituída de arenitos róseos, médios, com intercalações de siltitos vermelhos e verdes;

- superior, composta por arenitos avermelhados com intercalações de leitos e lâminas de siltitos vermelhos, finos leitos de calcários e evaporitos.



Fonte: IBGE, 2009, p. 28.

Figura 6.1.6.3.2 – Domínios Morfoestruturais e Morfoclimáticos do Brasil

A deposição do material constituinte dessas rochas se deu em ambiente continental do tipo fluvial com contribuição eólica, em clima semiárido a desértico, com incursões marinhas, bem como em sistemas deposicionais lacustre, deltaico, fluvial,



evaporítico e marinho raso (plataforma carbonática), com aridez de clima em condições severas e com a sedimentação sob influência das variações da linha de costa.

Santos e Carvalho (2009, p.13-15), apresentaram em seu estudo de relações de rochas sedimentares, por sequências deposicionais, delimitadas por discordâncias ou concordâncias relativas, aplicado à Bacia do Parnaíba que podemos dividi-la em três sequências. A primeira, de influência marinha, corresponde ao Grupo Serra Grande, da fase talassocrática “[...] a segunda corresponde às formações Itaim, Pimenteira, Cabeças, Longá e Poti (fase talassocrática e *gama*)”. A terceira sequência, findando o Paleozóico, encerra em si as formações Piauí, Pedra de Fogo e Motuca e a Formação Sambaíba.

A sequência temporal que se formou sobrepõe-se na área a partir do Permiano, quando ocorreu novo rebaixamento do nível de base com sedimentação eólica seguida por elevação do nível dos corpos aquáticos interiores em ambientes lacustres e evaporíticos, originando a Formação Pedra de Fogo. Os ambientes quentes e áridos da Formação Motuca propiciaram a formação de evaporitos. Na sedimentação eólica, em região semidesértica com dunas (Formação Sambaíba), datada possivelmente como Triássico, não foram evidenciados registros de atividade orgânica (SANTOS E CARVALHO, 2009, p.15).

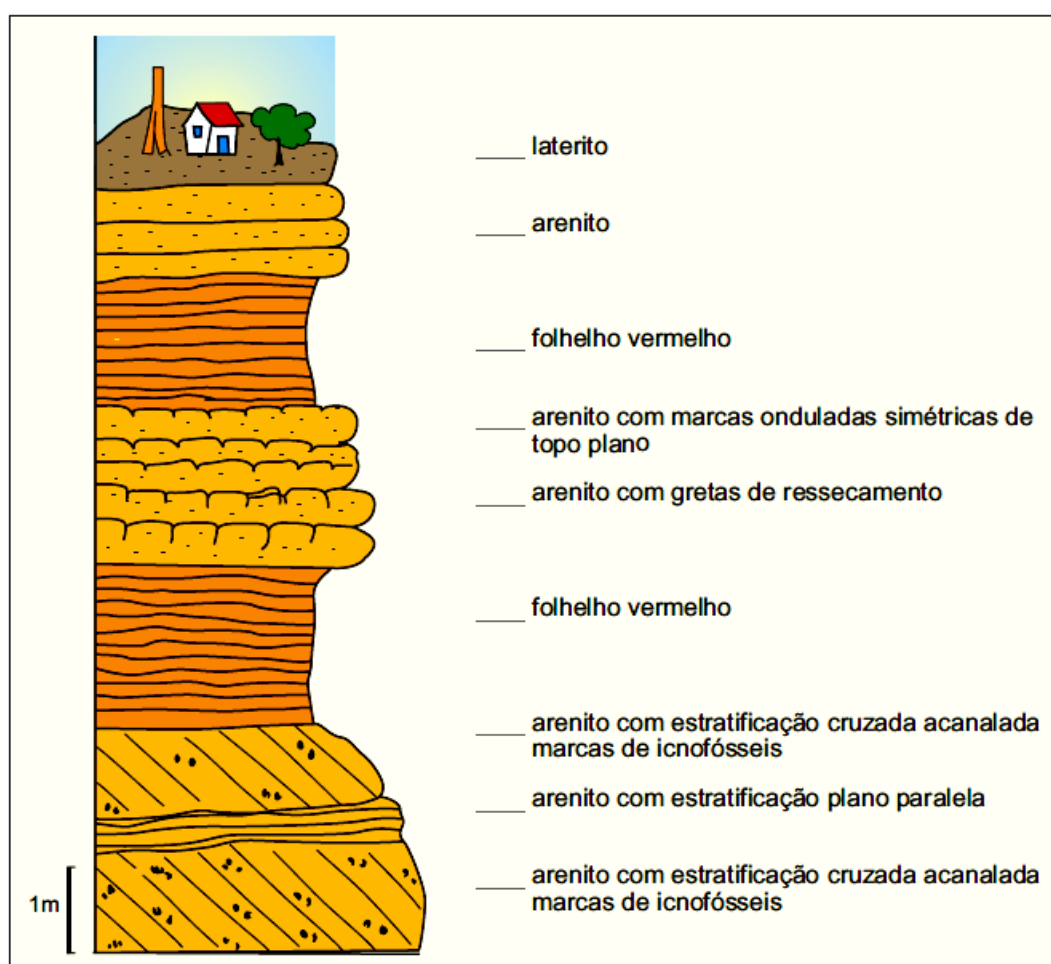
Essa disposição sobreposta de arenitos, apresentada na figura 3, submetida aos agentes intempéricos, originou a geomorfologia encontrada hoje a montante da Bacia do Parnaíba e que, especialmente pela ação pluvial, pode criar ambientes espeleológicos os quais foram objeto de prospecção.

A formação Piauí aflora em áreas dissecadas pelo rio Parnaíba e seus afluentes. Tanto seu contato inferior como superior são concordantes, o primeiro com a Formação Longá e o segundo com a Formação Pedra de Fogo. Esta última recobre-se pela formação Sambaíba, esta que aflora por toda a parte superior da geomorfologia desta porção da Bacia do Parnaíba.

A formação Pedra de Fogo tem idade permiana, sendo constituída intercaladamente por arenitos claros finos a muito finos, siltitos e folhelhos de tons vermelhos púrpura a esverdeados, pouco micáceos e de baixa fusibilidade, apresentando leitos e bancos de sílex em diferentes níveis e no topo encontram-se alguns calcários

esbranquiçados, gipsitas e arogonitas. Está discordante no contato com a formação Sambaíba, acima, e concordante, abaixo, com a Piauí (LINS E ANDRADE, 1975).

Já a formação Sambaíba integra-se por arenitos róseos a avermelhados, de finos a médios com poucas intercalações de sílex. Data do Triássico e constituiu-se sob clima desértico, daí a disposição dos sedimentos que a compõe apresentarem estratificação cruzada. Sobre a Formação Sambaíba ocorre a presença de derrames basálticos muito irregulares.



Fonte: Santos e Carvalho, 2009, p.79.

Figura 6.1.6.3.3 - Perfil da Formação Piauí, mostrando a transição de sedimentação subaérea para subaquática

Estas geologias suportam a morfoestrutura geomorfológica de planaltos e chapadas desenvolvidos sobre rochas sedimentares horizontais a sub-horizontais, eventualmente dobradas e/ou falhadas, em ambientes de sedimentação diversos,



dispostos no interior do continente. O Mapa EIA-018-CR Geologia- AID apresentado no Anexo mostra a geologia da área prospectada, onde podemos perceber a predominância da formação Piauí na porção central da bacia do rio Parnaíba, com presença da Formação Pedra de Fogo somente nas áreas cujos relevos permanecem preservados pelos processos dissecadores do relevo.

A geomorfologia pode ser visualizada no Mapa EIA-020-CR Geomorfologia – AID e a declividade no Mapa EIA-027-CR Declividade.

Este conjunto litomorfoestrutural, sob a ação dos paleoclimas e o atual, conferiu as características da gênese regional cujas feições são as de Chapadões Tropicais Interiores recobertos pelos Cerrados de fisionomias de gramíneos a florestas galerias. Também na escala da Unidade Geomorfológica, a escultura efetivada pela drenagem criou as chapadas, mesas, e morros residuais isolados, testemunho (IBGE, 2009), nos quais as paredes abrigam cavidades formadas durante a evolução da paisagem geomorfológica.

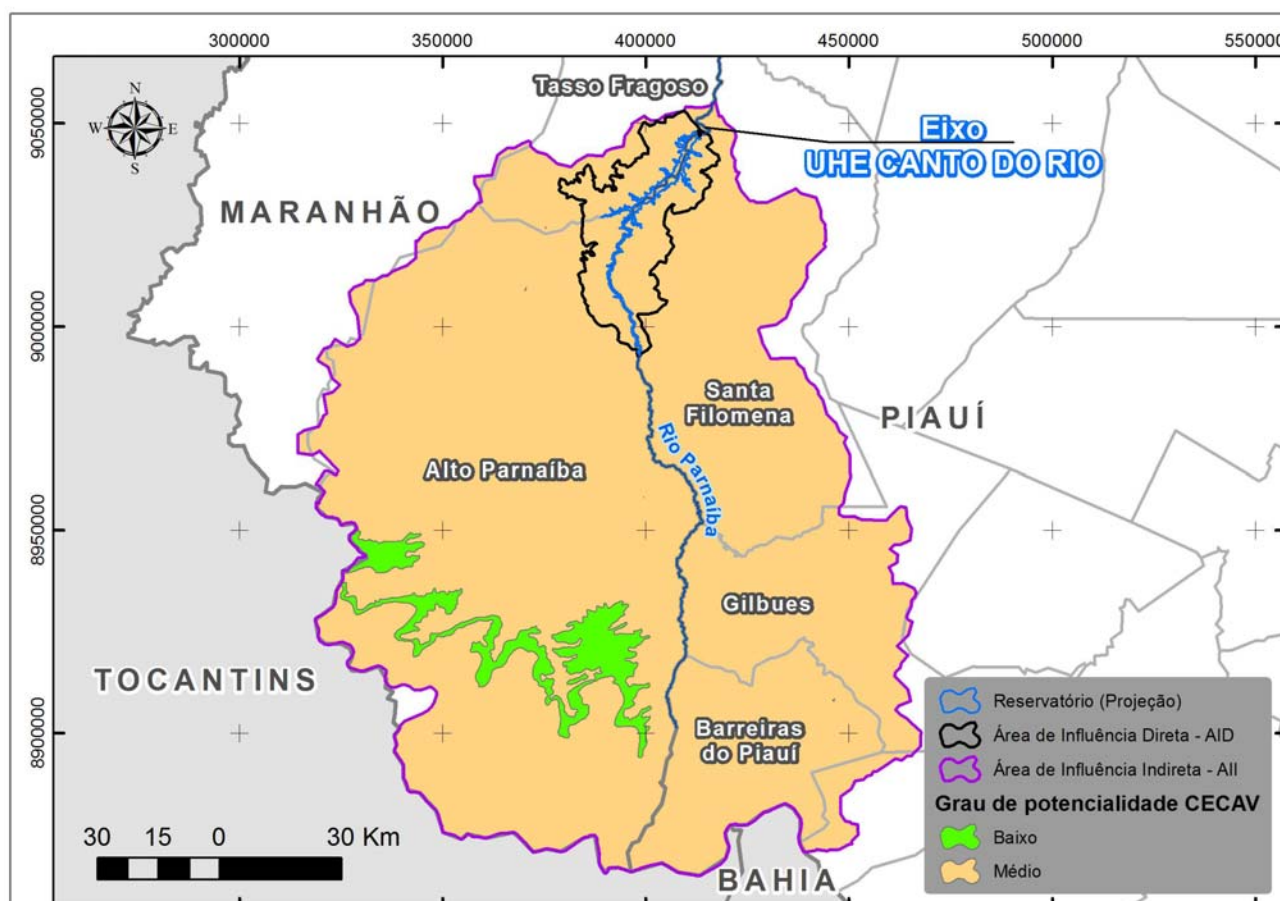
Neste contexto, sob a hipótese de estabelecimento de represamento do rio Parnaíba, efetuou-se pesquisa de prospecção de cavernas na área que possa vir a ser afetada pelo reservatório da Usina Hidrelétrica Canto do Rio.

Na prospecção espeleológica foram considerados minimamente os limites impostos por 250 metros além da Área de Preservação Permanente (APP), porém em casos de maior interesse e indicativo de ocorrência espeleológica, buscou-se prospectar os paredões expostos em distâncias além desta.

#### 6.1.6.4 Metodologia

A prospecção seguiu os critérios de possibilidades de ocorrência espeleológica dentro da área de estudo definida como: área do reservatório e estruturas, APP de 100 metros do reservatório e mais um *buffer* de 250 metros em torno desta.

Primeiramente realizou-se um levantamento bibliográfico dos aspectos fisiográficos da área de estudo, inclusive aqueles relacionados às cavidades já identificadas na região. Foi consultado o Mapa de Potencialidades de Ocorrências Espeleológicas (CECAV, 2012), onde a área de estudo está classificada no grau de potencialidade médio, como pode ser verificado na Figura 6.1.6.4.1.



Fonte: CECV, 2012.

Figura 6.1.6.4.1 – Potencial espeleológico na Área de Influência Indireta da UHE Canto do Rio.

Em continuidade foi realizado um mapeamento das áreas potenciais para ocorrência espeleológica, baseando-se na formação geomorfológica, dependente da geologia. Assim, diante do contexto geomorfológico na região de interesse, as morfoestruturas geomorfológicas demonstraram que em qualquer dos arenitos expostos nas Formações Sambaíba, Pedra de Fogo, Mutuca e Piauí poderiam ser encontradas cavidades, o que exigiu em primeira análise um plano de cobertura de todas as unidades geomorfológicas nas quais a geologia estivesse exposta.

Analisando os mapas de geologia, geomorfologia e declividade, verificou-se que quando a possibilidade espeleogênica universal dos paredões arenitos locais é

associada à espacialização das formações geológicas nas quais os processos geomorfogênicos atuaram de forma que a principal geologia na qual se pode encontrar cavernas refere-se à Formação Piauí, que aflora graças aos processos erosivos associados à bacia do rio Parnaíba, estando subjacente à Formação Pedra de Fogo.

A formação Pedra de Fogo, imediatamente sobreposta, situa-se na maior parte da área, significativamente distante da área afetada (a partir de 1.700 m), em patamares altimétricos mais elevados, sobre os relevos preservados pela morfogênese construída pelo entalhe hidrográfico na bacia hidrográfica e sobreposta por cobertura Detrítico-Laterítica Neogênica. Em três pontos nos quais os vales, na margem esquerda à jusante, se encaixam, essa Formação se apresenta exposta.

A partir da sobreposição dos mapas de declividade, geomorfologia e geologia, elaborou-se um mapa de potencialidades que baseou o roteiro de prospecção, contemplando as morfologias identificadas com possibilidades de ocorrência na Formação Piauí, incluindo ainda áreas para comprovação na Formação Pedra de Fogo. O caminhamento também considerou as áreas de maior declividade, bem como as áreas resultantes do Mapa de Potencialidade com maior potencial para ocorrências espeleológicas.

- Definição dos Indicadores de Potencialidade Espeleológica

A definição de indicadores de potencialidade espeleológica ocorreu com base nos aspectos passíveis de serem avaliadas tanto quantitativa quanto qualitativamente a partir das informações mapeáveis. Após a avaliação da disponibilidade, homogeneidade e relevância de dados para o objetivo aqui proposto, foram selecionados 3 indicadores de potencialidade, apresentados na Tabela 6.1.6.4.1, quais sejam, a geologia, a geomorfologia e a declividade.

Tabela 6.1.6.4.1 - Indicadores de Potencialidade para ocorrência de cavernas

Aspecto	Indicador	Valor de Ponderação	Níveis de hierarquização
Potencialidade de Ocorrência de cavernas	Geologia	0,4	4 níveis
	Geomorfologia	0,3	4 níveis
	Declividade	0,3	4 níveis

- Construção e Avaliação dos indicadores de potencialidade

Na construção dos indicadores de potencialidade, buscou-se atribuir entre dois e cinco níveis hierárquicos, de acordo com cada especificidade. Desse modo, a normalização dos indicadores foi feita a partir da definição do centro da classe para possibilitar a comparação entre indicadores com diferente número de níveis pré-definidos. Assim, todos os valores dos indicadores foram normalizados numa escala variando de 0 a 1 da seguinte forma (de acordo com os centros de classe):

- para indicadores classificados em dois níveis foram consideradas notas 0,25 para baixa e 0,75 para alta sensibilidade;
- para indicadores classificados em três níveis foram consideradas notas 0,167 para baixa; 0,500 para média e 0,833 para alta sensibilidade;
- para os indicadores classificados em quatro níveis foram consideradas as notas 0,125 para baixa; 0,375 para médio-baixa; 0,625 para médio-alta e 0,875 para alta sensibilidade; e,
- para indicadores classificados em cinco níveis, foram consideradas as notas 0,100 para baixa; 0,300 para médio-baixa; 0,500 para média; 0,700 para médio-alta e 0,900 para alta sensibilidade.

Os valores citados correspondem ao centro da classe ou ponto médio, que equivalem ao ponto central do intervalo de classes pré-determinado, dependendo da variável a ser considerada.

De forma a equalizar a tendência dos mapas de sensibilidade de cada indicador de maneira não apresentarem valores muito extremos, optou-se pela readequação dos níveis, de forma que a distribuição ficasse situada entre os valores máximos e mínimos possíveis, e não simplesmente entre de 0 (zero) a 1 (um) como poderia se prever, pois com o estabelecimento dos níveis por centro de classes, esses valores extremos seriam de ocorrência impossível. Desse modo, os níveis de sensibilidade acabaram situando-se entre 0,1 (mínimo) e 0,9 (máximo).

- Integração da Potencialidade

Para a integração dos diversos aspectos foi utilizada a formulação do Sistema de Informações Geográficas (SIG) através do *software* ArcGIS versão 10.2. Esse programa suporta dados vetoriais e dados raster (imagens JPG, TIFF ou PNG). As

imagens são mostradas com a vantagem de atribuir o mesmo “zoom” de observação do mapa construído, não perdendo a qualidade e resolução dos traços, símbolos, textos e imagens.

O *software* torna possível identificar feições no mapa atreladas à tabelas de informações do elemento, ou seja, existe um ‘link’ entre os atributos e a geometria, que possibilita a análise para cada entidade isolada ou em grupo. Os dados podem ser exportados para formato Excel (XLS) ou banco de dados Access (DBF).

- Indicadores de Potencialidade

#### — Geologia

A potencialidade de ocorrência espeleológica segundo as características geológicas, considerou em grau máximo as geologias propícias à ocorrência de cavernas, os calcários, porém elas ocorrem em menores quantidades e tamanho em outras rochas.

Os arenitos são considerados rochas cársticas (HARDT; PINTO, 2009), porém são dependentes de fatores que favorecem a espeleogênese, como a presença de calcários, friabilidade da rocha, fraturas nas quais a água possa favorecer a escultura interna, ou externamente em morros areníticos, presença de material orgânico (Tabela 6.1.6.4.2). A geologia adotada pode ser verificada no Mapa EIA-018-CR-Geologia-AID.

Tabela 6.1.6.4.2 – Classificação da Potencialidade espeleológica à partir da Geologia

SENSIBILIDADE	CRITÉRIO	CENTRO DE CLASSE
Baixa	Cobertura Laterítica Neogênica - Aluviões Holocênicos	0,125
Média Baixa	<b>Formação Pedra de Fogo</b> – arenito fino, fortemente agregado (não micáceo e de baixa fusibilidade) presença de bancos de sílex. No topo ocorrem calcário pouco reagentes, aragonita e gipsita.	0,375
Média Alta	<b>Formação Piauí</b> - parte inferior, constituída de arenitos róseos, médios, com intercalações de siltitos vermelhos e verdes, superior, composta por arenitos avermelhados com intercalações de leitos e lâminas de siltitos vermelhos, finos leitos de calcários e evaporitos.	0,625
Alta	Calcários e dolomitos	0,875

## — Geomorfologia

A evolução do relevo sobre os arenitos das Formações Piauí, Pedra de Fogo e Sambaíba criou um cenário de chapadões e morros entremeados por vales que pela constituição e pela sua geologia, associada aos processos formadores, pode dispor de cavernas nas formas abruptas, nas quais o arenito se expõe em paredes quase verticais. A Tabela 6.1.6.4.3 mostra a hierarquização dos valores para as geomorfologias. A geomorfologia adotada pode ser verificada no Mapa EIA-020-CR-Geomorfologia-AID.

Tabela 6.1.6.4.3 – Classificação da Potencialidade espeleológica a partir da Geomorfologia

SENSIBILIDADE	CRITÉRIO	CENTRO DE CLASSE
Baixa	Chapadões do Alto Parnaíba e Planície e terraço Fluvial (Da1 + Dc31 + Aptf.)	0,125
Média Baixa	Pediaplano Retocado Inumado. Superfície de aplainamento elaborada durante fases sucessivas de retomada de erosão, sem no entanto perder suas características de aplainamento, cujos processos geraram sistemas de planos inclinados às vezes levemente côncavos. (Pri)	0,375
Média Alta	Pediaplano Degradado, Em geral conservada ou levemente dissecada e separada por ressaltos ou escarpas. (Pgi)	0,625
Alta	Encosta íngreme de erosão. Feição de relevo com declives muito acentuados, ligando dois planos altimétricos distintos, podendo exibir trechos de paredão desnudo na parte superior. Inclui sedimentos dissecados nos sopés das escarpas. (Dei + Dt31)	0,875

## — Declividade

A maior probabilidade para ocorrência de cavernas está nas geomorfologias de morros de vertentes abruptas, nos quais o arenito se expõe. Nos arenitos pouco reagentes ou que a drenagem interna não possui papel espeleogênico fundamental, as cavernas, formadas sob associação de erosão-corrosão em rocha arenítica com presença ou não de calcários, são preservadas por declividades radicalmente abruptas, em rocha exposta. Desta forma as declividades de altíssimas inclinações são as mais proeminentes para a ocorrência de cavernas. A Tabela 6.1.6.4.4 apresenta os valores para a potencialidade de ocorrências de cavernas segundo a declividade dos arenitos das Formações Piauí e Pedra de Fogo, presentes na área de prospecção. A declividade adotada pode ser verificada no Mapa EIA-027-CR-Declividade-AID.



Tabela 6.1.6.4.4 – Potencialidade espeleológica - valores para a declividade

SENSIBILIDADE	CRITÉRIO	CENTRO DE CLASSE
Baixa	Declividade < 6%	0,125
Média Baixa	Declividade 6% a 12%	0,375
Média Alta	Declividade 12% a 20%	0,625
Alta	Declividade > 20%	0,875

- Mapa de Potencialidade de ocorrência de cavernas

Os graus de potencialidades calculados pelos índices propostos resultaram na expressão de possibilidades muito claras de ocorrências de cavernas, tipicamente encostas íngremes e pediplanos dissecados, como as bordas dos chapadões, de morros remanescentes da escultura geomorfológica da bacia do Parnaíba, como se vê no Mapa de potencialidades (Figura 6.1.6.4.2 e Mapa EIA-076-CR Potencialidade de Ocorrência Espeleológica – AID e ADA). Assim, baseado no Mapa de Potencialidade de Cavernas foi definido o roteiro de caminhamento para prospecção.

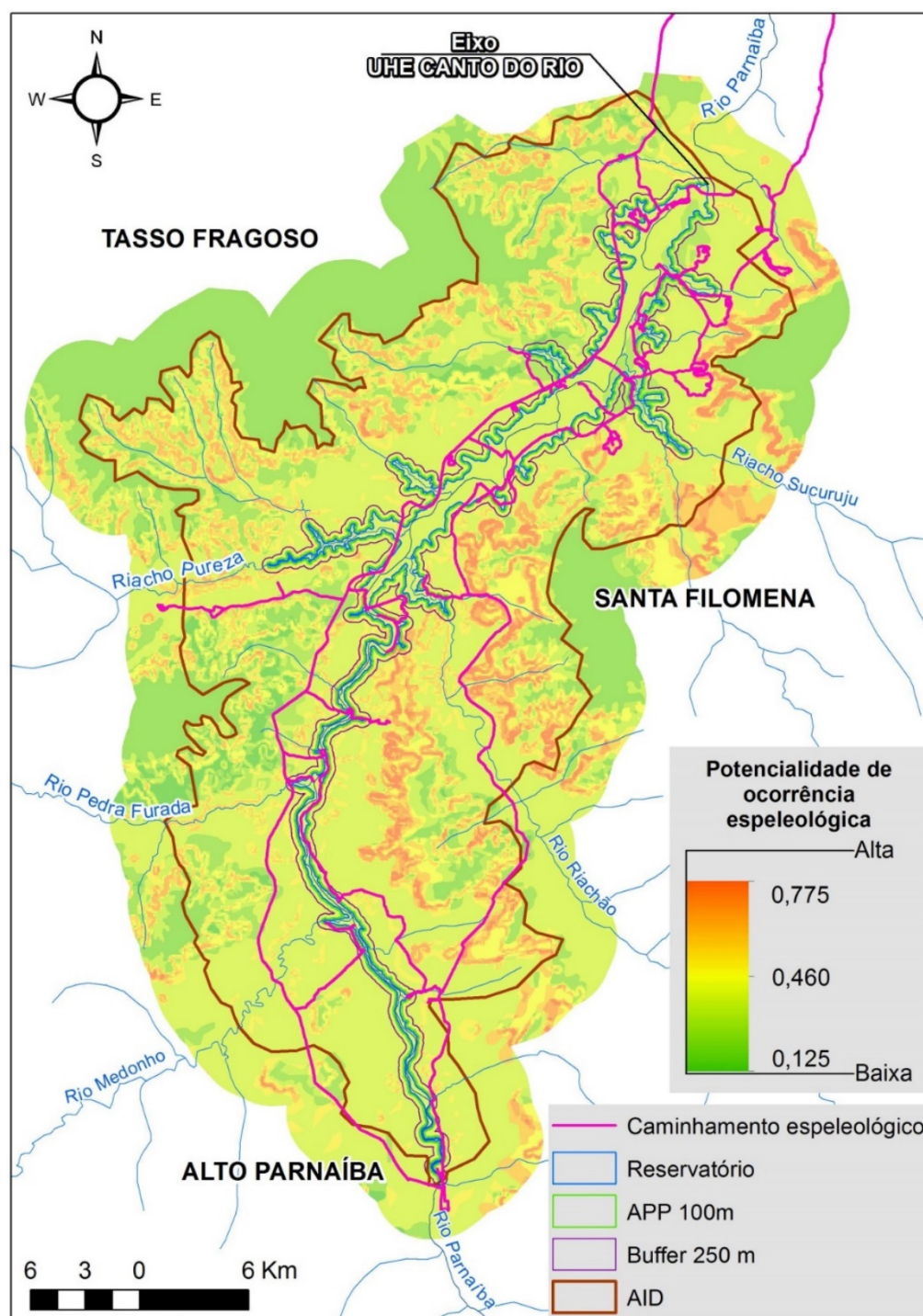


Figura 6.1.6.4.2 – Potencial de ocorrências de cavernas.

O campo, realizado no período de 07 a 16 de julho de 2016, foi executado por 3 equipes, totalizando 9 integrantes que se distribuíram a cada dia em uma área, equipadas com máquina fotográfica, bússola e clinômetro (marca Sunnto), trena, GPS (Garmim eTrex 20 e 30), prancheta e ficha de topografia.

Quando no campo, caminhou-se pela área na qual se detectou existência de relevos propícios, balizados pelo Mapa de Potencialidade convertido para linguagem KML, inserido nos aparelhos GPS de cada grupo. A orientação seguida foi a de que em locais nos quais as ocorrências pudessem se dar em áreas contíguas ou potencialmente significativas quanto à originalidade e individualidade de cavernas, esse limite deveria ser expandido.

Para a locomoção foram utilizados veículos de cabine dupla, um deles com tração nas quatro rodas que deixavam as equipes em pontos estratégicos e as buscavam no final da caminhada, acionados por rádio TalkAbout Motorola MR350R. Para acessar as áreas nas margens do rio em trecho com talvezue muito encaixado, foi utilizada embarcação.

Foram consideradas as ocorrências espeleológicas que se enquadraram na Resolução CONAMA Nº 347, de 10 de setembro de 2004 (D.O., 2004), sendo “ cavidade natural subterrânea é todo e qualquer espaço subterrâneo penetrável 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.

Para efeito de diferenciação de Toca, foi utilizada a definição da SBE, quando trata da espeleometria (SBE, 2014), ela diz que:

*“Serão considerados grutas todas as cavidades naturais subterrâneas que apresentem a medida da distância linear entre a entrada e o fundo (desenvolvimento) igual ou superior a altura de sua entrada. Assim, as cavidades que tenham desenvolvimento menor que a altura da entrada serão consideradas como abrigos-sob-rocha”.*

As topografias das cavidades foram elaboradas seguindo os procedimentos baseados em Demateis (1975) e nas normas recomendadas pela Sociedade Brasileira de

Espeleologia (SBE, 2014), baseadas em *British Cave Research Association* (BCRA) em grau **4C**, na qual:

**4** – Se refere ao **levantamento magnético**. Este grau é o penúltimo da escala que chega à precisão de 1 grau nas escalas vertical e horizontal, que é o grau 5, mas está acima do grau 3, referente a um levantamento aproximado. Ou seja, o equipamento magnético utilizado permitiu aproximar a precisão em escala horizontal e vertical em um grau. No que tange às medidas de distâncias a precisão foi próxima de 1 centímetro, o que permitiria o enquadramento no grau 5, porém é de se considerar que as medidas em graus estão próximas de 1 grau, o que nos exige classificar como grau 4.

**C** – Medidas **de detalhamento** significativo entre as bases, com suficiente eficiência na identificação das formas, na direção, no tamanho (margem restrita erro quanto às medidas entre bases, tamanhos lineares horizontais e verticais).

Para indicar a relevância das cavidades encontradas, uma vez que esse grau afere quantitativamente o passivo causado pela perda da cavidade se alagada pelo reservatório e estruturas da UHE, buscou-se, em campo, identificar os elementos indicativos do grau de relevância conforme a Instrução Normativa nº 2 (MMA, 2009), na qual a relevância deve ser relativizada sob o âmbito local e regional segundo seus atributos e a Resolução Conama Nº 347 (D.O., 2004), ou seja, seu grau

*“relevante para fins de anuência pelo Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis-IBAMA no processo de licenciamento - aquela que apresente significativos atributos ecológicos, ambientais, cênicos, científicos, culturais ou socioeconômicos, no contexto local ou regional em razão, entre outras”.*

Dessa forma, foram analisados os aspectos físicos das feições espeleológicas, espeleometria, aspectos hidrológicos e a ocorrência de depósitos clásticos e químicos. Analisou-se também o estado de conservação das cavernas e de seu entorno, bem como os aspectos socioeconômicos e culturais relativos às mesmas.

A existência de depósitos clásticos pode ser importante nos estudos cíclicos do Quaternário, bem como na paleontologia e mineralogia ((SUGUIO, 2003), nesse sentido, estudos realizados por Karmann ( FAPESP, processos 99/10351-6, 06/02834-2 e 06/06761-0) vem realizando estudos “[...] geocronológico de sedimentos detríticos de cavernas do estado da Bahia visando obter idades do soterramento de grãos de quartzo

através da técnica de datação por radionuclídeos cosmogênicos. As idades das fases de deposição e erosão de sedimentos clásticos registrados nas cavernas da Chapada Diamantina deverão contribuir no estudo dos efeitos de eventos climáticos do Quaternário [...]”. Disponível em: < <http://www.bv.fapesp.br/pt/auxilios/30013/geocronologia-e-interpretacoes-paleoambientais-de-sedimentos-clasticos-em-cavernas-do-estado-da-bahi/>>

No que tange à fauna cavernícola, foi observado a presença de qualquer tipo de fauna ou vestígios que vinculem a sua presença, sendo relatado e fotografado, bem como zonação, tipos e características dos substratos orgânicos e a presença de água.

#### 6.1.6.5 Resultados

Os trabalhos de prospecção puderam indicar a totalidade de possibilidades de existência de cavidades na área de influência do empreendimento, uma vez que todas as feições geomorfológicas-geológicas potenciais para ocorrência de cavidades foram visitadas.

Nos relevos rebaixados, cujas feições apresentam morraria arredondada, cuja cobertura é majoritariamente pedológica, não se encontrou qualquer ocorrência nas visitas iniciais e puderam deixar de ser minuciosamente verificado. Esta ação se justificou por ocorrer nestes casos, soterramento de qualquer cavidade que por ventura possa existir, já que os processos pedogenéticos tiveram fatores formadores favoráveis e acabaram cobrindo toda a feição arenítica subjacente. Estes morros ocorrem indistintamente nas duas margens, porém são predominantes na porção mais a montante da área de influência do empreendimento, próximo a Alto Parnaíba-Santa Filomena.

Quanto à totalidade das ocorrências espeleológicas do caminhamento, foram registradas 47 ocorrências, nas quais se realizaram os procedimentos mencionados na metodologia para que se pudesse obter indicativo do caráter de relevância, conforme as necessidades exigidas pelo licenciamento. A Tabela 6.1.6.5.1 apresenta o número das ocorrências espeleológicas registradas em relação à localização na área de estudo.



Tabela 6.1.6.5.1 – Localização das ocorrências espeleológicas registradas no estudo

<b>Localização</b>	<b>Número de ocorrências</b>
All	12
AID	24
<i>Buffer</i> de 250 m em torno da APP	5
APP (100 metros)	5
Reservatório	1
<b>TOTAL</b>	<b>47</b>

Como é possível verificar na Tabela 6.1.6.5.1, a maioria das ocorrências (n=36), ou seja, 76% dos registros, se encontram na área de influência direta e indireta do empreendimento. Das 11 ocorrências restantes, 5 estão localizadas no *buffer* de 250 metros (Caverna Amadeus Mota, Caverna Alto dos Bambus, Caverna Morcego Encantado, Caverna Dá Prá Dormir e Caverna da Mosca), 5 na APP (Cave 03, 07, 08, Caverna Lasca Abrigo e Caverna Artefato) e apenas uma está localizada na área do reservatório (Caverna do Francisco).

As cotas altimétricas de todas as 47 cavidades, estão apresentados no gráfico da Figura 6.1.6.5.1, referenciados quanto à cota do reservatório da UHE Canto do Rio.

Analisando a altitudes das cavernas em relação à cota altimétrica do nível do reservatório (cota 271 metros), verifica-se que pelas peculiaridades geomorfológicas e características da área inundável, as cavidades estarão acima da cota de inundação, sendo que somente uma encontra-se muito próxima dessa linha, na cota 274 metros.



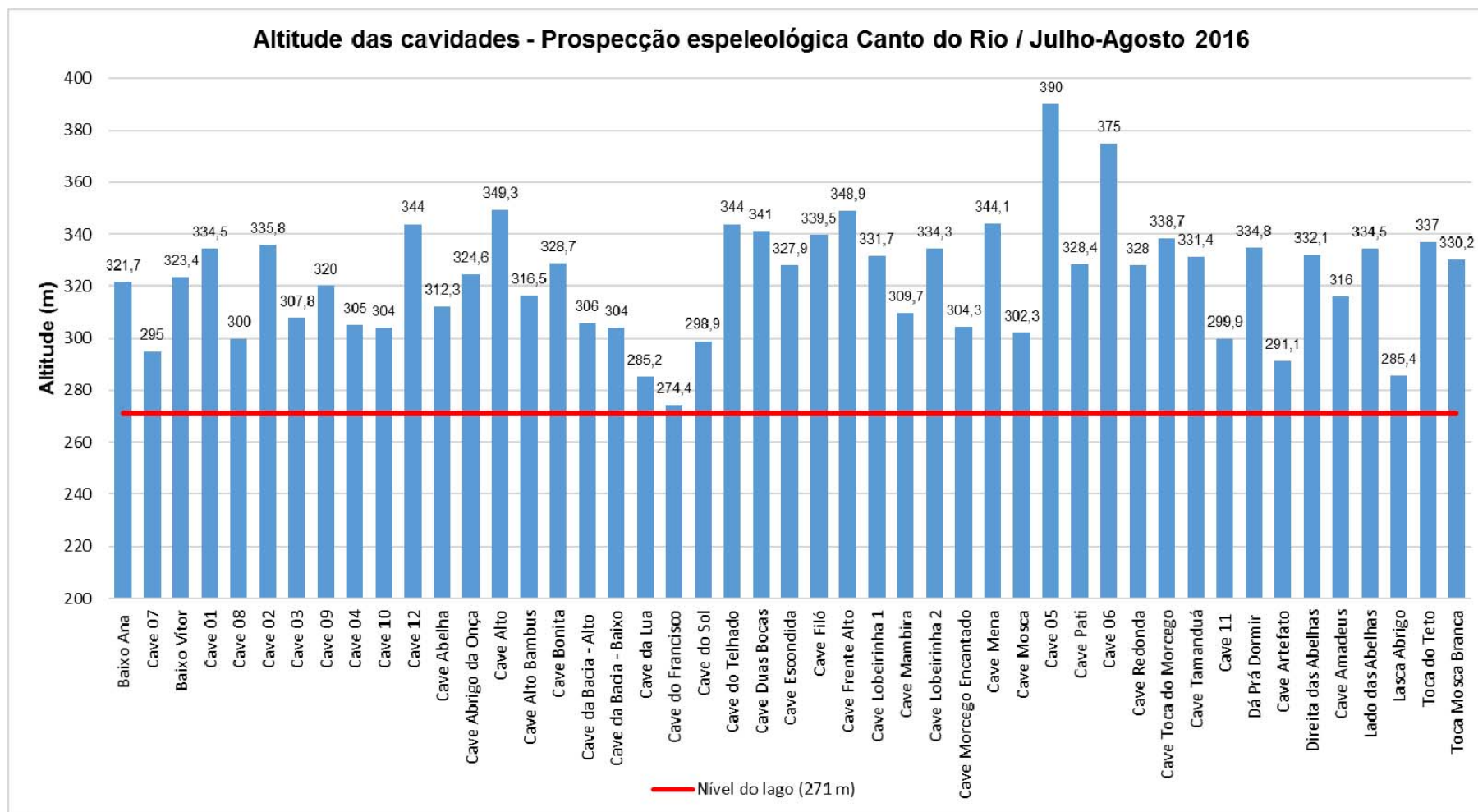


Figura 6.1.6.5.1 - Altitudes das cavernas em relação à cota altimétrica do nível do reservatório da UHE Canto do Rio

A localização das cavernas registradas é apresentada no Mapa EIA-077-CR Ocorrências Espeleológica – AID e ADA. A topografia e os croquis realizados no campo das 47 cavidades efetuadas durante o levantamento espeleológico estão demonstradas no Apêndice 6.

Nos morros com pedogênese avançada foi realizada uma prospecção mais detalhada, em especial na margem esquerda, à jusante, pouco mais de 1.500 metros à oeste do ponto de barramento do rio. Nessa região foram encontraram-se 3 cavidades. Lasca Abrigo, Caverna Artefato e Cave 03, localizadas em arenito mais resistente, em cotas altimétricas acima do nível do reservatório, 290, 291 e 288 metros, respectivamente, e em média 70 metros dentro da APP. A Figura 6.1.6.5.2 mostra o morro da caverna Lasca Abrigo a partir da Caverna do Artefato.

A geomorfologia nesta área alterna-se abruptamente nas margens de drenagem lateral ao rio Parnaíba, na qual quanto mais próximo do talvegue, menor a ocorrência de afloramentos areníticos. A cota de inundação chegará ao sopé dos morros, mas não os isolando.



Figura 6.1.6.5.2 – Vista do Morro da caverna Lasca Abrigo a partir da Caverna do Artefato

As maiores cavernas identificadas somam 6: a dos Morcegos, do Morro à Direita e a Cave 09 com mais de 9 metros; as do Morcego Encantado, Cave 04 e a Francisco, com pouco mais de 6 metros. As topografias das cavernas encontram-se no Apêndice.

Na área de caminhamento proposto abrangida, a área do *buffer* de 250 metros além da APP de 100 metros, das 5 cavernas encontradas, cabe destaque a Caverna da Mosca (Figura 6.1.6.5.3) na qual foi encontrado um seixo arredondado provavelmente esculpido pelo deslocamento da água no interior do arenito, esse tipo de formação arredondada também pode ser observado ainda fixa na geologia na Caverna Morcego Encantado. Pode-se inferir esta hipótese pela formação estar em arenito formado a partir de sedimentos dunares.



Fonte: Estudo espeleológico da UHE Canto do Rio, 2016.

Figura 6.1.6.5.3 – Caverna da Mosca no *buffer* de 250 metros além da APP

As cavidades que estão mais próximas ao reservatório da UHE Canto do Rio são 6: Cave 03, Cave 08, Cave 07, Cave Artefato, Lasca Abrigo e Cave do Francisco.

No intuito de visualizar a influência que se dará pela formação do reservatório, a Figura 6.1.6.5.4 apresenta as altitudes das cavernas que estão mais próximas da cota de alagamento.

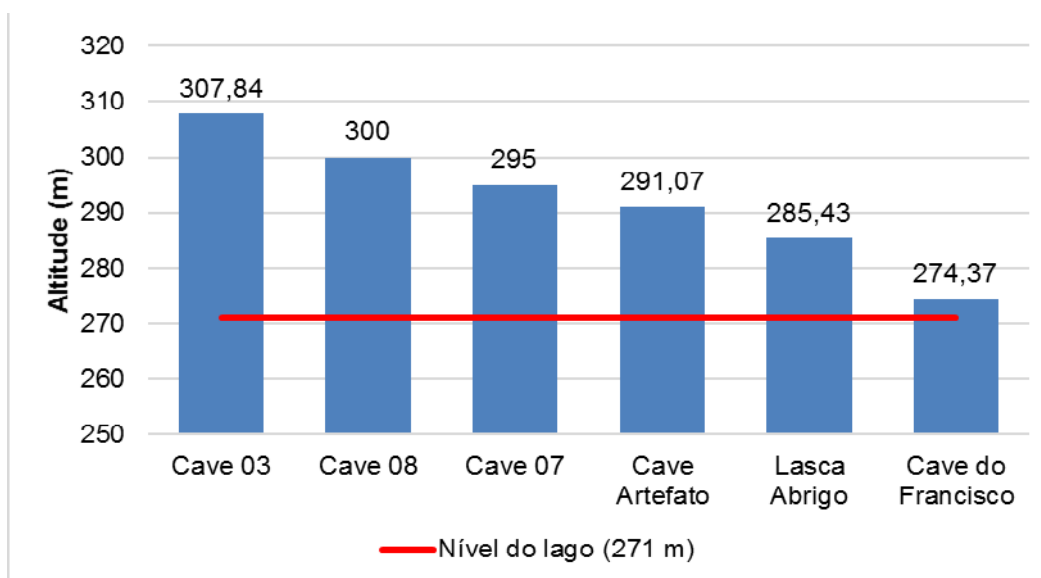


Figura 6.1.6.5.4 – Nível do reservatório da UHE Canto do Rio em relação às ocorrências espeleológicas mais próximas em altitude

As cavidades encontradas concentraram-se majoritariamente em áreas fora do reservatório, à exceção de uma cavidade identificada na área do reservatório, denominada de “Caverna do Francisco” (Figura 6.1.6.5.5). Esta caverna encontra-se no paredão, na margem direita do rio, em cota altimétrica de pouco mais de 274 metros. Nesta cavidade há a ocorrência de morcegos na porção final e há indicação por um morador de que ela, eventualmente, sofre inundação com as maiores cheias do Parnaíba.

As cavidades encontradas concentraram-se majoritariamente em áreas fora do reservatório, à exceção de uma cavidade identificada na área do reservatório, denominada de “Caverna do Francisco” (Figura 6.1.6.5.5). Esta caverna encontra-se no paredão, na margem direita do rio, em cota altimétrica de pouco mais de 274 metros. Nesta cavidade há a ocorrência de morcegos na porção final e há indicação por um morador de que ela, eventualmente, sofre inundação com as maiores cheias do Parnaíba.

Apesar da Caverna do Francisco estar dentro da área do reservatório, em planta, sua cota altimétrica não indica que estará sujeita a inundação pelo lago do reservatório, uma vez que a mesma se encontra na cota 274 metros. Esta discrepância, esperada inclusive para levantamentos com este nível de precisão topográfica, pode ocorrer pela conjunção de dois fatores, o primeiro se refere à construção cartográfica cuja



elaboração nas curvas de níveis esteja discrepante da geomorfologia, uma vez que se manifestam sobrepostas, por tratar-se de relevo verticalizado, o que pode apresentar menor exatidão, dependendo de qual base foi utilizada para a confecção das cartas topográficas 1:25.000 e pela leitura da altitude que foi aferida por GPS.

Considerando a proximidade do reservatório sobre esta cavidade, para fins deste estudo foi adotado que há interferência do reservatório sobre esta feição, sendo que nas etapas seguintes dos estudos, os levantamentos topográficos serão aprimorados, à fim de se obter com exatidão a confirmação sobre a interferência do reservatório sobre cavidade.



Figura 6.1.6.5.5 – Caverna do Francisco A entrada da caverna está na porção final da área na qual é possível verificar a existência da floresta ciliar ombrófila, na transição para a vegetação adaptada a solos rasos com menor retenção de água.

Pode-se perceber na Figura 6.1.6.5.5 a área baixa ao fundo e o desnível na qual a caverna se encontra, cujo morro está voltado para a APP. Esta configuração de relevo rebaixado, plano e com morros recobertos por solo ocorre por quase todas as

porções margeantes ao rio, menos significativamente nas áreas à jusante, pouco antes do ponto de barramento, porém neste ponto, com ocorrências espeleológicas em distâncias que estão inseridas na APP ou além desta. As margens do rio Parnaíba contam grandemente com esse tipo de geomorfologia e também com o contrário, paredões abruptos esculpidos pela água do Parnaíba.

De maneira geral, os resultados do caminhar indicam que a geomorfologia apresenta um endocarste pouco desenvolvido com projeções horizontais em geral entre 2 e 6, porém na maioria delas há um salão maior, de baixa altura, até 2 metros, e o maior desenvolvimento se dá por estreitos condutos. Quando formadas em arenitos mais colmatados, agregados apresentam fraturas e desmoronamentos mais expressivos, nos arenitos mais finos, aspecto arredondado, e em nenhum dos casos pode-se averiguar sinais de desenvolvimento cárstico propriamente dito, no qual se percebe o trabalho químico dos agentes ácidos transportados pelas águas.

No que se refere à presença da fauna, o resultado do caminhar encontrou apenas vestígios da presença de fauna. Os vestígios se manifestaram por excrementos de animais: o mais abundante foi o do roedor mocó, os de tamanduá mirim (*Tamandua tetradactyla*), o de felino de médio porte, possivelmente jaguatirica (*Leopardus pardalis*) ou maracajá grande (*Leopardus wiedii*). Também foram encontradas aranhas que utilizam as cavidades em ambientes de pouca altura e profundidade, além de presença de moscas muito pequenas (Figura 6.1.6.5.6 a 6.1.6.5.9).

Foi registrada uma espécie endêmica do cerrado, o lagarto *Cnemidophorus* cf. *mumbuca* (Figura 6.1.6.5.6), de 30 cm a 35 cm da cabeça à cauda, presente em 19 cavernas, geralmente na entrada de cavidades, sendo possível verificar as marcas de sua cauda no sedimento do chão das cavernas.

Um animal comum em cavernas é o morcego, de variadas espécies. Eles foram encontrados somente em cinco cavernas, a do Francisco, a Caverna 09 e a dos Morcegos em quantidades que puderam apresentar banco de guano, devido à existência de conduto vertical com significativa ausência de luminosidade. Também foram encontrados nas cavernas Andar de Cima e Morcego Encantado, em ambas havia apenas um morcego pendurado no arenito em área bastante iluminada.





Figura 6.1.6.5.6 – Lagarto *Cnemidophorus* cf. *mumbuca* em conduto vertical.



Figura 6.1.6.5.7 – Banco de guano na Caverna dos morcegos.



Figura 6.1.6.5.8 – presença de aranha na Caverna Lasca Abrigo



Figura 6.1.6.5.9 – fezes de tamanduá mirim (*Tamandua tetradactyla*).

O Quadro 6.1.6.5.1 apresenta os resultados com ênfase nos aspectos mais importantes, das 47 feições registradas no caminhamento espeleológico, com sua coordenada UTM, altimetria, atingimento, descrição das características e aspectos importantes. No Apêndice 6 pode-se encontrar as topografias com fotos das ocorrências espeleológicas.

Quadro 6.1.6.5.1 – Principais características e ocorrências nas feições espeleológicas identificadas.

Nome	ALTITUDE E LOCALIZAÇÃO		PRINCIPAIS OCORRÊNCIAS E CARACTERÍSTICAS APRESENTADAS		
			FÍSICO	FAUNÍSTICO	RELATO A PARTIR DA OBSERVAÇÃO NO CAMPO
Cave do Francisco	Altitude	274,37	Material clástico	Morcego	Em paredão à margem direita do leito do rio Parnaíba, encontra-se na área imediatamente superior à acumulação denudacional advinda do arenito do paredão que se acumula na faixa até a margem do rio. Presença de morcegos e guano ao fundo, constituída em arenito conglomerático por silicificação, muito resistente.
	SUL	9019020,221			
	LESTE	393522,815			
Cave da Lua	Altitude	285,17	Material clástico		Esta caverna tem ampla boca, se referenciada à sua profundidade, daí a grande luminosidade. Apresenta paredes alisadas em arenito fino-médio cujos sedimentos se depositaram no chão, sem resquícios de fauna. Na parede direita há o que pode ser resultado de calcificação dos calcários originais da Formação Piauí, em coloração branca-creme. Encontra-se à meia altura do paredão arenítico.
	SUL	9032670,549			
	LESTE	398950,243			
Lasca Abrigo	Altitude	285,43		- Lagarto <i>Cnemidophorus</i> cf. <i>mumbuca</i> - Aranha	Presença de grande quantidade de pedras lascadas, Caverna pequena mas abrigada em parede no arenito no cimo do morro. Presença de aranha. Lagarto no arenito de entrada.
	SUL	9045911,173			
	LESTE	409376,547			
Cave Artefato	Altitude	291,07	Material clástico	- Lagarto <i>Cnemidophorus</i> cf. <i>mumbuca</i> - Aranha	Presença de lagarto, na lateral direita, aranha, ao fundo, presença de fragmento arenítico esculpido pela circulação de água no interior da Formação Piauí que se descolou do teto, aparência de artefato cerâmico.
	SUL	9045967,791			
	LESTE	409277,833			
Cave 07	Altitude	295	Material clástico	Fezes de Mocó ( <i>Keredon rupestre</i> )	Pegadas de Mocó. Material Orgânico, fezes, seca e antiga.
	SUL	9042408,41			
	LESTE	411826,43			

Nome	ALTITUDE E LOCALIZAÇÃO		PRINCIPAIS OCORRÊNCIAS E CARACTERÍSTICAS APRESENTADAS		
			FÍSICO	FAUNÍSTICO	RELATO A PARTIR DA OBSERVAÇÃO NO CAMPO
Cave do Sol	Altitude	298,91		- Lagarto <i>Cnemidophorus</i> cf. <i>mumbuca</i>	Mais baixa que a caverna da Lua, porém de acesso difícil por escalada média. Presença de lagarto na entrada.
	SUL	9032678,03			
	LESTE	398934,934			
Cave 11	Altitude	299,92			Sem topografia por haver a equipe sido afugentada por ataque de abelhas. Foi registrada uma foto na passagem quando se dirigiu à topografia da Cave Mambira.
	SUL	9034157,009			
	LESTE	406133,725			
Cave 08	Altitude	300		- Lagarto <i>Cnemidophorus</i> cf. <i>mumbuca</i> - Fezes não identificadas	Caverna pequena, com fezes antigas e secas. Lagarto na parte superior da entrada.
	SUL	9042476,144			
	LESTE	411722,713			
Cave Mosca	Altitude	302,26		- Lagarto <i>Cnemidophorus</i> cf. <i>mumbuca</i> Moscas	Lagarto e moscas.
	SUL	9037935,771			
	LESTE	409783,492			
Cave da Bacia - Alto	Altitude	306		- Lagarto <i>Cnemidophorus</i> cf. <i>mumbuca</i>	Estas duas cavernas estão sobrepostas, como a Ana e Vítor. Estão em cota baixa do Morro, encontram-se em área na qual a vegetação de cerrado mostra-se arbustiva. Lateralmente há drenagem abrupta que vem do topo do morro. Havia um morcego pendurado no teto da Bacia Baixo, apesar da grande luminosidade presente. Lagarto na laje entre as cavernas.
	SUL	9032684,789			
	LESTE	398940,638			
Cave da Bacia - Baixo	Altitude	304		- Lagarto <i>Cnemidophorus</i> cf. <i>mumbuca</i> - Morcego	
	SUL	9032684,789			

Nome	ALTITUDE E LOCALIZAÇÃO		PRINCIPAIS OCORRÊNCIAS E CARACTERÍSTICAS APRESENTADAS		
			FÍSICO	FAUNÍSTICO	RELATO A PARTIR DA OBSERVAÇÃO NO CAMPO
	LESTE	398940,638			
Cave 10	Altitude	304,03	Material clástico	- Lagarto <i>Cnemidophorus</i> cf. <i>mumbuca</i>	Pequena caverna com coluna residual laminar do processo erosivo-corrosivos ativos no processo de sua formação. Apresenta sedimento de chão, apesar da dureza considerável do arenito, diferentemente de outras ocorrências. Lagarto na entrada.
	SUL	9049805,416			
	LESTE	410040,096			
Cave Morcego Encantado	Altitude	304,33	Material clástico	Morcego	Caverna no alto do morro com acesso difícil por escalada. O teto tem pequena espessura em relação ao topo do morro, possuindo blocos abatidos de dimensões consideráveis. Há a presença de seixo que não se configura haver sido depositado no período deposicional da Formação Piauí. Pode ter sido formado pela água infiltrada.
	SUL	9038546,442			
	LESTE	403184,393			
Cave 04	Altitude	305	Material clástico	-Fezes de <i>Tamandua tetradactyla</i>	Muitas fezes de Tamanduá-Mirim.
	SUL	9041458,1			
	LESTE	414299,751			
Cave 03	Altitude	307,84		- Lagarto <i>Cnemidophorus</i> cf. <i>mumbuca</i> - Aranha	Presença de lagarto, aranha. A topografia foi priorizada pela prevenção das abelhas que acabaram afugentando a equipe.
	SUL	9045962,736			
	LESTE	409292,259			
Cave Mambira	Altitude	309,67	Material clástico		Caverna com dificuldade de acesso necessita de escalada leve. Tem profundidade aproximada de pouco mais que o dobro da altura da boca (2,18m). A equipe foi afugentada por abelhas e a topografia não pode ser terminada.
	SUL	9043355,473			
	LESTE	412519,725			
Cave Abelha	Altitude	312,3			Presença de uma colmeia grande na lateral esquerda, que atacou a

Nome	ALTITUDE E LOCALIZAÇÃO		PRINCIPAIS OCORRÊNCIAS E CARACTERÍSTICAS APRESENTADAS		
			FÍSICO	FAUNÍSTICO	RELATO A PARTIR DA OBSERVAÇÃO NO CAMPO
	SUL	9043404,613			equipe quando iniciaram o trabalho, resultando obtenção apenas das medidas da boca. Presença de folhagem muito seca e esbranquiçada, sem que se notasse qualquer tipo de fauna.
	LESTE	412543,278			
Cave Amadeus	Altitude	316		- Lagarto <i>Cnemidophorus</i> cf. <i>mumbuca</i>	Na parte alta do Morro, ao lado de uma grande colmeia de abelha <i>Chupé</i> . No arenito há várias áreas com pequenos buracos, porém sem ocorrências espeleológicas, presença de lagarto. Segundo o morador Amadeus Mota, pecuarista extensivo há 42 anos nessa área, esse é o "único 'buraco' que ele conhece que dá prá entrar".
	SUL	9023952,031			
	LESTE	393471,628			
Cave Alto Bambus	Altitude	316,45	Material clástico		O acesso é dificultado pelo estágio evolutivo do relevo que compõe cobertura pedológica em quase toda a geomorfologia, reservando a parte mais alta ainda conservada com a exposição da rocha encaixante. Situa-se no alto do morro. Esta geologia está próxima da Formação Pedra de Fogo.
	SUL	9038418,511			
	LESTE	403278,314			
Cave 09	Altitude	320,02	Material clástico	- Lagarto <i>Cnemidophorus</i> cf. <i>mumbuca</i>	Presença de morcegos ao fundo e pouco guano. Alto de morro ao lado esquerdo da estrada sentido Tasso Fragoso-Alto Parnaíba. Necessita de escalada média para se acessar. Rocha resistente e sem presença significativa de sedimentos. Presença de lagarto no chão da entrada.
	SUL	9049821			
	LESTE	410037,422			
Baixo Ana	Altitude	321,71		Morcego	Na parte do morro mais estreita, voltada para a calha do rio Parnaíba, em patamar baixo, encontram-se esta caverna, imediatamente abaixo da Baixo Vitor. Utilizada por moradores, tem sinal de fogo no arenito, possivelmente por uso humano, mas as cinzas foram removidas.
	SUL	9045540,576			
	LESTE	415924,746			
Baixo Vitor	Altitude	323,42			Imediatamente acima da Baixo Ana, pouco mais aberta e mais frequentemente visitada por humanos. Há inscrição na parede "ANA E VITOR". Encontrou-se lixo na entrada e nas laterais. O arenito é o mesmo, resistente, sem sedimentos no chão.
	SUL	9045540,576			

Nome	ALTITUDE E LOCALIZAÇÃO		PRINCIPAIS OCORRÊNCIAS E CARACTERÍSTICAS APRESENTADAS		
			FÍSICO	FAUNÍSTICO	RELATO A PARTIR DA OBSERVAÇÃO NO CAMPO
	LESTE	415924,746			
Cave Abrigo da Onça	Altitude	324,55	Material clástico	- Lagarto <i>Cnemidophorus</i> cf. <i>mumbuca</i> - Fezes de <i>Leopardus pardalis</i>	Caverna com blocos abatidos já em estágio de desgaste visível, entrada que se fecha em poucos centímetros e se divide em dois pequenos condutos que servem ao abrigo animal de médio-pequeno porte, uma vez que apresenta fezes desse animal. Arenito de textura mediana-fina coloração rósea. Na lateral presença de lagarto.
	SUL	9044119,028			
	LESTE	416415,46			
Cave Escondida	Altitude	327,91	Material clástico	Fezes de Mocó ( <i>Keredon rupestre</i> )	Presença de cocos ( <i>Syagrus petraea</i> , ARECACEAE - Ariri, tucum-de-índio) nas reentrâncias acima da boca.
	SUL	9041349,062			
	LESTE	414295,379			
Cave Redonda	Altitude	328	Material clástico	- Lagarto <i>Cnemidophorus</i> cf. <i>mumbuca</i> Fezes de Mocó ( <i>Keredon rupestre</i> )	Com forma de triângulo invertido, esculpiu-se em arenito bandado róseo-esbranquiçado, com formação de sedimentos no chão. Presença de coquinhos e poucas fezes de Mocó e lagarto.
	SUL	9044110,403			
	LESTE	416415,257			
Cave Pati	Altitude	328,36			Sem ocorrências.
	SUL	9037416,466			
	LESTE	412753,728			
Cave Bonita	Altitude	328,68	Material clástico	- Lagarto <i>Cnemidophorus</i> cf. <i>mumbuca</i>	Em situação próxima do topo do morro, com acesso por escalada de nível intermediário em arenito resistente. Tem caráter erosivo com chão em patamar ocasionado pelo desmoronamento da rocha que deixou alguns blocos desmoronados. Presença de fauna restrita a lagartos.
	SUL	9044002,091			
	LESTE	416380,484			
Toca Mosca Branca	Altitude	330,24		- Fezes de Mocó ( <i>Keredon rupestre</i> ) - Moscas	Presença de fezes de Mocó, moscas de coloração creme claro e cascas de cocos.
	SUL	9037418,872			



Nome	ALTITUDE E LOCALIZAÇÃO		PRINCIPAIS OCORRÊNCIAS E CARACTERÍSTICAS APRESENTADAS		
			FÍSICO	FAUNÍSTICO	RELATO A PARTIR DA OBSERVAÇÃO NO CAMPO
	LESTE	412740,742			
Cave Tamanduá	Altitude	331,41	Material clástico	Fezes de <i>Tamandya tetradactyla</i>	Esta caverna apresenta fezes de Tamanduá Mirim, sua formação se dá em arenito fino, róseo cuja desagregação-decomposição deixa significativos volume de sedimentos no chão da caverna.
	SUL	9044069,909			
	LESTE	416456,928			
Cave Lobeirinha 1	Altitude	331,71	Material clástico	Fezes de Mocó ( <i>Keredon rupestre</i> )	Fezes de Mocó, restos de cocos de Tucum.
	SUL	9037411,071			
	LESTE	412817,106			
Direita das Abelhas	Altitude	332,09	Material clástico	- Fezes não identificadas - Aranha	Rente ao morro apresenta restos orgânicos secos, sem qualquer sinal de decomposição por fauna. Presença de uma espécie de aranha encontrada nas Lasca Abrigo e Caverna 03. Arenito resistente, mas de textura fina a média com sedimentos no chão, sem blocos.
	SUL	9045512,215			
	LESTE	416173,365			
Cave Lobeirinha 2	Altitude	334,28	Material clástico	- Lagarto <i>Cnemidophorus</i> cf. <i>mumbuca</i> - Fezes de Mocó ( <i>Keredon rupestre</i> )	Fezes de Mocó e restos de cocos de Tucum. Sinal de lagarto no chão da caverna.
	SUL	9037405,963			
	LESTE	412806,556			
Cave 01	Altitude	334,47	Material clástico	- Lagarto <i>Cnemidophorus</i> cf. <i>mumbuca</i>	Sedimentos finos no chão com sinais de lagarto e nenhum bloco abatido.
	SUL	9041389,593			
	LESTE	414488,384			
Lado das Abelhas	Altitude	334,53	Material		Em morro isolado a altura intermediária encontram-se esta e mais

Nome	ALTITUDE E LOCALIZAÇÃO		PRINCIPAIS OCORRÊNCIAS E CARACTERÍSTICAS APRESENTADAS		
			FÍSICO	FAUNÍSTICO	RELATO A PARTIR DA OBSERVAÇÃO NO CAMPO
	SUL	9045392,814	clástico		duas cavidades. Sua fisionomia confere ser formada a partir de escoamento de águas advindas da parede acima, na qual há uma ruptura do arenito causada pelas águas. Apesar de seu teto apresentar-se liso, sem desmoronamento, apresenta muito pequenos blocos. À esquerda há grande enxame de abelhas que dificulta o acesso.
	LESTE	416233,02			
Dá Prá Dormir	Altitude	334,76	Material clástico	- Lagarto <i>Cnemidophorus</i> cf. <i>mumbuca</i> - Fezes não identificadas	Caverna desenvolvida em arenito com acamamento discordante, inclinado, médio a fino e com um único pequeno bloco desmoronado. Encontra-se à meia encosta com acesso por escalada fácil. Presença fezes não identificadas e de Lagarto.
	SUL	9038750,066			
	LESTE	403272,006			
Cave 02	Altitude	335,8	Material clástico	- Lagarto <i>Cnemidophorus</i> cf. <i>mumbuca</i>	Presença de lagarto.
	SUL	9041381,86			
	LESTE	414491,92			
Toca do Teto	Altitude	337,02			Pequena caverna em arenito resistente, sem presença de sedimentos no chão e nenhum sinal de fauna.
	SUL	9024590,077			
	LESTE	383228,867			
Cave Toca do Morcego	Altitude	338,66	Material clástico	Morcego	Morro residual na margem direita da estrada, entrada para Canto do Rio. Presença de grande quantidade de guano e morcegos. Acesso por curral de gado.
	SUL	9043761,892			
	LESTE	416631,935			
Cave Filó	Altitude	339,52	Material		Com pouco mais de 4,5 metros, apresenta sedimentos finos no solo,

Nome	ALTITUDE E LOCALIZAÇÃO		PRINCIPAIS OCORRÊNCIAS E CARACTERÍSTICAS APRESENTADAS		
			FÍSICO	FAUNÍSTICO	RELATO A PARTIR DA OBSERVAÇÃO NO CAMPO
	SUL	9043714,61	clástico		aspecto arredondado nas paredes e teto. Os sedimentos possuem rastros de passagem de lagarto, muito comum quando elas possuem este aspecto sedimentar fino.
	LESTE	416652,274			
Cave Duas Bocas	Altitude	341,01	Material clástico		Caverna em morro estreito, no alto, com presença de desmoronamentos do teto, muitos blocos desmoronados. Possibilitando que se passe de um lado ao outro da parte superior. Atingida por escalada de grau elevado de risco pelo estágio degradativo alto da rocha.
	SUL	9043616,621			
	LESTE	416637,946			
Cave 12	Altitude	343,97			Caverna sem sedimentos no chão, recebe águas pluviais escorridas pelo paredão arenítico acima. Restos de coquinhos e presença de fezes de Mocó. Atingida por escalada fácil em arenito resistente.
	SUL	9043599,147			
	LESTE	416635,12			
Cave do Telhado	Altitude	343,99	Material clástico		Formada pelo desmoronamento do arenito, que se apresenta constituído de grãos quartzosos que dá friabilidade à rocha. Em meia encosta no paredão, apresenta blocos desmoronados laminares que dificultam o acesso. Sem ocorrências de fauna.
	SUL	9024592,727			
	LESTE	383227,65			
Cave Mena	Altitude	344,12	Material clástico		Teto em nível de acamamento do arenito horizontal e paredes em inclinação desse acamamento. Pouco sedimento no chão da cavidade e está em parte alta de morro com significativo aporte pedogenético na base e estreito paredão de arenito exposto.
	SUL	9043705,859			
	LESTE	416643,71			
Cave Frente Alto	Altitude	348,94	Material clástico	- Fezes de <i>Tamanduá tetradactyla</i>	Matéria Orgânica seca sobre parte do chão, lado direito, possivelmente fezes de tamanduá ou pequeno mamífero muito antigas. Sem sinal de uso recente por outros animais, senão lagarto
	SUL	9041357,308			

Nome	ALTITUDE E LOCALIZAÇÃO		PRINCIPAIS OCORRÊNCIAS E CARACTERÍSTICAS APRESENTADAS		
			FÍSICO	FAUNÍSTICO	RELATO A PARTIR DA OBSERVAÇÃO NO CAMPO
	LESTE	414326,498			que estava na entrada.
Cave Alto	Altitude	349,3		Fezes de Mocó ( <i>Keredon rupestre</i> )	Presença de fezes de Mocó.
	SUL	9041381,8			
	LESTE	414354,283			
Cave 06	Altitude	375	Material clástico	- Fezes de <i>Tamanduá tetradactyla</i>	Fezes de Tamanduá-Mirim recentes e antigas.
	SUL	9041240,603			
	LESTE	414330,849			
Cave 05	Altitude	390	Material clástico	- Fezes de <i>Tamanduá tetradactyla</i>	Fezes de Tamanduá-Mirim.
		9			
		4			

#### 6.1.6.6 Considerações Finais

Algumas considerações devem ser ressaltadas, especificamente quanto à importância e relevância encontradas nos resultados da presente Prospeção Espeleológica.

A relevância de uma cavidade se dá pela exclusividade, raridade, isolamento ou qualquer característica que a coloque como um patrimônio ímpar, ou importante no contexto dessa característica.

Na região de estudo, nota-se a homogeneidade geomorfológica das cavernas, com desenvolvimento pequeno e dependente de condições existentes em paredões areníticos expostos, o que proporciona que estejam em sua maioria distantes da área diretamente trabalhada pelo rio Parnaíba que ou rebaixou ou abruptou o relevo, ou em cotas altimétricas maiores. Da mesma forma a espeleogênese é comum à maioria das cavernas, bem como processos hídricos infiltrantes associados a raríssima ação química, e predominante erosão do arenito que expôs tais gêneses.

No aspecto de avaliação da relevância da fauna, pode-se averiguar que as cavernas encontradas servem basicamente como abrigo, possivelmente pelas peculiaridades do desenvolvimento de pequenas dimensões. As notificações encontradas foram apenas de animais troglóxenos, que somente utilizam as cavernas como abrigo, tais como mocós, morcegos, felinos, lagartos, tamanduás, havendo outros, como os troglófilos, que podem ser encontrados tanto dentro quanto fora das cavernas, as aranhas encontradas estão nessa categoria.

Os animais que impõem restrições e exigem que se caracterize a relevância no contexto espeleológico em escalas variadas são os troglóbios, animais que vivem exclusivamente nas cavernas e não são encontrados em outros ambientes, possuindo adaptações que os permitem reproduzirem-se no ambiente cavernícola (TRAJANO, 2000). Nesta categoria não foram encontrados qualquer espécie, certamente pelas características já citadas.

Observou-se a convivência de morcegos de diferentes espécies na Caverna do Morcego (grande colônia) e do Francisco. Nas demais cavidades com ocorrência desse tipo de fauna, não havia colônias, apenas um ou dois indivíduos.



Trajano e Moreira (1991) consideram que em rochas areníticas, pela menor ocorrência de ambientes cavernícolas afóticos e protegidos, é comum que haja colônias mais numerosas e de diferentes espécies de morcegos (TRAJANO, 1987, TRAJANO e MOREIRA, 1991). Um fator contribuinte para a pouca ocorrência de morcegos é também o fato dos riscos de colapso do arenito, concorrendo para a existência de colônias numerosas em locais nos quais eles encontrem condições mais estáveis.

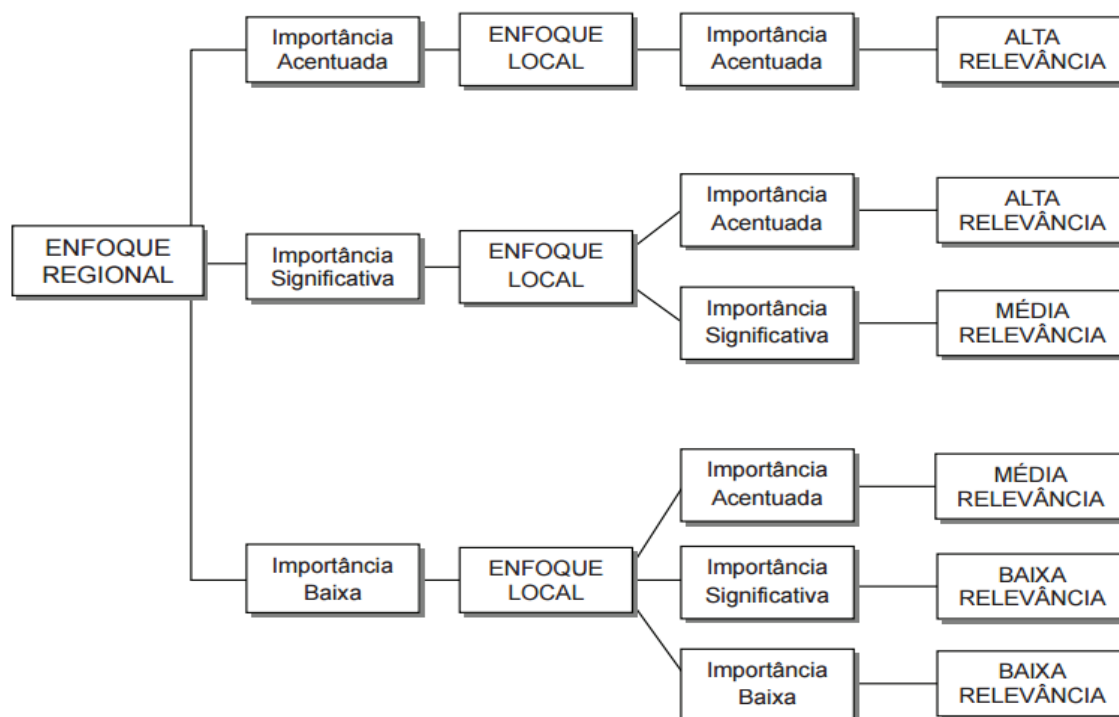
De modo geral, os resultados da fauna não apresentaram organismos detritívoros, como grilos (*Endecous*) e organismos predadores como, por exemplo, pseudoescorpiões (*Chernetidae*). Ocorreram colônias de morcegos e morcegos solitários nas cavernas sem zona afótica e aranhas de mesma espécie, não se configurando similaridade com o que relatou Zappelini *et al.* (2003) que em cavernas areníticas relatou a ocorrência dessa variedade de fauna. À exceção do morcego, que habita a zona afótica, as demais espécies troglófilas, de hábito generalista, tiveram ocorrência ampla, para o lagarto, e pequena para aranhas, tamanduá e felino, preponderante de zona de transição (parietal)

No que concerne à relevância (MMA, 2009), as cavidades encontradas possuem pouca relevância quando observadas individualmente, uma vez que apresentam baixa diversidade de fauna. Como habitat, as feições identificadas não abrigam qualquer espécie troglóbia, já quanto a outros animais, pelas suas características de luminosidade, somente a presença de morcegos é um aspecto relevante passível de avaliar a cavidade em grau de relevância, dada a importância desta fauna na polinização e disseminação de sementes. Entretanto, as cavidades nas quais eles se alojam estão localizadas fora da área prevista para a formação do reservatório - caverna dos Morcegos-, ou em cavidade que já sofre inundações periódicas pelas maiores cheias cíclicas, conforme relatado para a “caverna do Francisco”.

Já a diversidade de estratos orgânicos apresentou grau de ocorrência que se deve discriminar quanto à sua relevância, pois estão presentes raízes, guano e fezes. A importância dessas ocorrências, por se restringirem a setores, como as

fezes, ou dispersas, como morcegos e raízes, não se caracterizam como uma importância de caráter regional.

Ao observar-se o proposto pelo ICMBio (2011) em seu organograma, apresentado na Figura 6.1.6.6.1, pode-se, a partir do enfoque regional, definir importâncias em dimensões mais específicas e locais.



Fonte: ICMBio, 2011.

Figura 6.1.6.6.1 – Organograma para classificação de relevância espeleológica

As ocorrências analisadas apresentam baixa importância regional, entretanto, podem apresentar certo grau na escala maior, uma vez que servem de abrigo ou apresentam raízes. A importância nesse caso pode ser considerada significativa, mesmo que apresentando características de restrição por área e por dispersão (isoladas), classificando-se, portanto, em baixa relevância.

Classificando-as em grau de importância local acentuada, a relevância passaria a média, ainda assim por estarem fora da zona de alagamento, não restringirá a manutenção de sua função ecológica, portanto, não cerceando seu papel relevante.

Nos aspectos geológico, geomorfológico e espeleológicos propriamente, há grande homogeneidade entre as cavidades encontradas. Quanto à relevância de estruturas geológicas, ela reside no o conjunto, dada a homogeneidade das ocorrências. A estrutura na rocha matriz, não apresenta excepcionalismo quanto aos contatos, ou à mineralogia, já que as cavernas encontram-se em sua totalidade na Formação Piauí, não constituindo registros ou presença paleontológicos que se possam destacar por esta prospecção.

Convém salientar que em número expressivo de cavernas há a presença de material clástico que podem contribuir em estudos que possam revelar aspectos decisivos na elucidação das condicionantes da Formação, como sua mineralogia, períodos de deposição, ciclos dos paleoclimas que contribuíram com os fatores sedimentológicos que variam entre hídricos e eólicos com diferentes graus de energia, bem como outros aspectos correlatos. Aqui, as cavernas com altitudes maiores, portanto cuja formação ocorreu em tempos mais longínquos, o material clástico pode, quando esforços nesse sentido forem possíveis de se realizar, permitir elucidar-se o período e o grau formação da bacia do Parnaíba nesse trecho, contribuindo para maior precisão dos modelos sedimentológicos-erodibilidade e de perpetuidade das ações que se ensejam efetuar.

Convém destacar que o esforço em se estudar a área sob a ótica espeleológica possibilita uma base para que novos estudos se realizem no sentido de diferenciação associativa da espeleogênese e os arenitos encaixantes, sendo que o presente estudo pode servir como indicativo muito importante no sentido de se aprofundar em etapas posteriores do processo de licenciamento.

### **6.1.7 Paleontologia**

#### **6.1.7.1 Introdução**

Durante muitos anos, o patrimônio paleontológico brasileiro foi negligenciado. Porém, nos últimos anos, a importância dos fósseis tem ganhado seu valor, e quando da constituição de RIMAs tem se solicitado o levantamento do potencial paleontológico das áreas de influência das UHEs.

Os estados do Maranhão e Piauí contribuem de forma marcante para o conhecimento da Paleontologia brasileira, principalmente devido aos achados mais