

ÍNDICE

2.2.2.9 - Espeleologia	1/76
------------------------------	------

ANEXOS

Anexo 2.2.2.9-1	Relatório de Campo das Atividades de Prospecção Espeleológica
-----------------	---

Legendas

Quadro 2.2.2.9-1 - Potencial espeleológico de acordo com a litologia	6/76
Quadro 2.2.2.9-2 - Potencial espeleológico das unidades litoestratigráficas interceptadas pela AE de acordo com a litologia	6/76
Figura 2.2.2.9-1 - Localização das Áreas de Alto e Muito Alto Potencial para Prospecção Espeleológica (APE)	11/76
Figura 2.2.2.9-2 - Localização da Área de Prospecção Espeleológica A1	12/76
Figura 2.2.2.9-3 - Localização da Área de Prospecção Espeleológica A2	13/76
Figura 2.2.2.9-4 - Abrigo identificado no ponto Cav 1.	14/76
Figura 2.2.2.9-5 - Detalhe do abrigo identificado no ponto Cav 2.	14/76
Figura 2.2.2.9-6 - Visada a distância da cavidade avistada no local do Cav. 3, caracterizando fendas em arenitos cuja formação foi favorecida pela presença de fraturas e posterior dissecação das mesmas.	15/76
Figura 2.2.2.9-7 - Cav. 4 em morro testemunho arenítico caracterizado por pequenas gretas e fendas de dissecação em fraturas e em planos paralelos às camadas deposicionais.....	16/76
Figura 2.2.2.9-8 - Cav. 5 caracterizada por fendas e abrigos em fraturas tectônicas e de alívio.....	17/76
Figura 2.2.2.9-9 - Localização da Área de Prospecção Espeleológica A3	18/76
Figura 2.2.2.9-10 - Cavidade identificada no ponto Cav 6.....	19/76
Figura 2.2.2.9-11 - Afloramento observado nas proximidades do ponto Cav 6. Desenvolve-se por mais de 15 metros de largura, por 8 metros de altura e 3 metros de profundidade.....	19/76
Figura 2.2.2.9-12 - Detalhe da cavidade identificada no ponto Cav 7.	20/76
Figura 2.2.2.9-13 - Detalhe cavidade identificada no ponto Cav 8.	21/76

Figura 2.2.2.9-14 - Detalhe de grande cavidade em arenito com 20 metros de largura por 10 metros de altura e oito de profundidade.	21/76
Figura 2.2.2.9-15 - Detalhe do rastro de cobra e de pegada de roedor em cavidade a cerca de 367,71 metros da diretriz da LT.	22/76
Figura 2.2.2.9-16 - Cavidade identificada no ponto Cav 9.	22/76
Figura 2.2.2.9-17 - Detalhe da cavidade identificada no ponto Cav 9.	22/76
Figura 2.2.2.9-18 - Ponto cav. 10 mostrando um paredão arenítico com abrigos na base.	23/76
Figura 2.2.2.9-19 - Detalhe para os restos de fezes no ponto Cav 10.	23/76
Figura 2.2.2.9-20 - Detalhe para o túnel no ponto Cav 11.	24/76
Figura 2.2.2.9-21 - Detalhe para cavidade identificada no ponto Cav 12.	25/76
Figura 2.2.2.9-22 - Cav. 13 representado por maciço arenítico fortemente fraturado formando fendas e pequenos abrigos na frente de dissecação.	26/76
Figura 2.2.2.9-23 - Cav. 13 mostrando a base formada por blocos centimétricos a métricos que depreendem da frente de dissecação do maciço arenítico.	26/76
Figura 2.2.2.9-24 - Cavidades formadas por blocos rolados no ponto Cav. 14.	27/76
Figura 2.2.2.9-26 - Cav. 16 mostrando fendas centimétricas formadas em meio às fraturas em arenito maciço.	28/76
Figura 2.2.2.9-27 - Cav. 17 mostrando um corpo de arenito com estratificação cruzada apresentando forte dissecação formando pequenas fendas horizontais.	29/76
Figura 2.2.2.9-28 - Ponto Cav. 18 representado por um abrigo em local extremamente declivoso.	30/76
Figura 2.2.2.9-29 - Cav. 19 é representado por uma pequena caverna próximo ao córrego do Criminoso.	Erro! Indicador não definido. /76
Figura 2.2.2.9-30 - Ponto Cav. 20 representado por Abrigos do outro lado da fenda da Figura 2.2.2.9-31.	32/76

Figura 2.2.2.9-31 - Ponto Cav. 20 mostrando a fenda formada entre os blocos areníticos cuja dissecação profunda permite a passagem de pessoas.	32/76
Figura 2.2.2.9-32 - Ponto Cav. 21 mostrando as cavidades formadas durante a existência do pretérito rio caudaloso que hoje dá lugar para o Córrego do Boqueirão.	33/76
Figura 2.2.2.9-33 - Ponto cav. 21 mostrando os abrigos formados pela erosão do rio pretérito ao Córrego do Boqueirão.	33/76
Figura 2.2.2.9-34 - Topo do morro aflorando arenito levemente fraturado com pequenas fendas centimétricas formadas por ação meteórica.	34/76
Figura 2.2.2.9-35 - Ponto cav. 23 onde aflora um arenito fraturado e com forte dissecação principalmente na base formando abrigos e fendas.	34/76
Figura 2.2.2.9-36 - Ponto cav. 24 mostrando um grande paredão arenítico com abrigos métricos na base.	35/76
Figura 2.2.2.9-37 - Cavidade formando fendas em fraturas tectônicas e de alívio observada no ponto cav. 25. Foram encontradas fezes e urina da fauna local.	35/76
Figura 2.2.2.9-38 - Cav. 26 representada pela Caverna da Escuridão.	36/76
Figura 2.2.2.9-39 - Uma das dispersas cavidades do “Talhado do Xixo”, ponto cav. 27.	36/76
Figura 2.2.2.9-40 - Cav. 28 mostrando abrigos na base dos blocos areníticos formado por fraturas de alívio.	37/76
Figura 2.2.2.9-41 - Ponto cav. 29 representado por um lajedo arenítico formando pequeno abrigo.	37/76
Figura 2.2.2.9-42 - Cav. 30 mostrando um paredão de 15 metros de altura de arenito consolidado com pequenos abrigos no topo.	38/76
Figura 2.2.2.9-43 - Ponto cav. 31 representado por pequenos abrigos na base do maciço arenítico.	38/76
Figura 2.2.2.9-44 - Ponto Cav. 32 mostrando um forte rebaixamento do nível de base expondo um pequeno plateau arenítico com fendas em fraturas fortemente dissecadas.	39/76
Figura 2.2.2.9-45 - Brigo formado na base do paredão arenítico representativo do ponto Cav. 33.	40/76

Figura 2.2.2.9-46 - Ponto cav. 33 mostrando os pequenos abrigos no topo da sequência arenítica.	40/76
Figura 2.2.2.9-47 - Vale inciso.....	41/76
Figura 2.2.2.9-48 - Conglomerado intercalado com pacotes de arenito com estratificação cruzada.	41/76
Figura 2.2.2.9-49 - Conjunto de fraturas em três direções ortogonais entre si.	42/76
Figura 2.2.2.9-50 - Ocorrência de pequenas fendas que se desenvolvem aproveitando o faturamento das rochas. A altura do paredão no local do ponto é de aproximadamente 30 metros.	43/76
Figura 2.2.2.9-51 - Depósito de tálus.....	43/76
Figura 2.2.2.9-52 - Leito seco formado por blocos de arenito e conglomerado, no qual pequenas fraturas são observadas entre os blocos, com aberturas irregulares e largura máxima de 30 cm.	44/76
Figura 2.2.2.9-53 - Localização da Área de Prospecção Espeleológica A4.....	45/76
Figura 2.2.2.9-54 - Afloramento em lajedo de quartzito.	46/76
Figura 2.2.2.9-55 - Localização da Área de Prospecção Espeleológica A5.....	47/76
Figura 2.2.2.9-56 - Cav 35. Escarpa observada na encosta com presença de abrigos.	48/76
Figura 2.2.2.9-57 - Cav 36. Afloramento na encosta com a presença de fraturas ortogonais que, dissecadas, formam tetos e abrigos.	48/76
Figura 2.2.2.9-58 - Canal de drenagem seco observado na área de estudo.....	49/76
Figura 2.2.2.9-59 - Afloramento gnáissico em lajedo.	49/76
Figura 2.2.2.9-60 - Localização da Área de Prospecção Espeleológica A6.....	50/76
Figura 2.2.2.9-61 - Aspecto do relevo na área de estudo.....	51/76
Figura 2.2.2.9-62 - Aspecto do relevo em área de mineração de rocha.	51/76

Figura 2.2.2.9-63 - Ponto cav. 34 na área da Vermont Mineração mostrando blocos cortados de arenito e morros testemunhos com abrigos de pequenas dimensões no topo e fendas em meio as fraturas dissecadas.....	52/76
Figura 2.2.2.9-64 - Ponto da cav. 34 com indicação na imagem dos pequenos abrigos observados no topo da sequência areno-quartzítica.....	52/76
Figura 2.2.2.9-65 - Na figura é possível observar o caminhamento realizado, em rosa, sobre as áreas de potencial médio e baixo de ocorrência de cavidades.	53/76
Figura 2.2.2.9-66 - Relevo típico observado no trajeto.	54/76
Figura 2.2.2.9-67 - Erosão no solo causada por canais temporários.....	54/76
Figura 2.2.2.9-68 - Vegetação típica da região percorrida ao longo do dia.	55/76
Figura 2.2.2.9-69 - Seixos de arenito com matriz ferruginosa.	56/76
Figura 2.2.2.9-70 - Relevo e vegetação típicos da região percorrida no dia.	57/76
Figura 2.2.2.9-71 - Arenitos típicos da região.	57/76
Figura 2.2.2.9-72 - Relevo aplainado característico do trajeto percorrido.	58/76
Figura 2.2.2.9-73 - Relevo aplainado observado ao longo de todo o trajeto do dia.	59/76
Figura 2.2.2.9-74 - Solo predominantemente arenoso, observado ao longo de todo o trajeto do dia.	59/76
Figura 2.2.2.9-75 - Relevo aplainado e solo predominantemente arenoso observado ao longo do dia.	60/76
Figura 2.2.2.9-76 - Fazendas de cajueiro observadas ao longo de todo trajeto.	60/76
Figura 2.2.2.9-77 - Fazendas com plantações de cajueiro percorridas ao longo de todo dia.	61/76
Figura 2.2.2.9-78 - Área de ocorrência de latossolo vermelho, marcando os diferentes tipos de solo da região.	62/76
Figura 2.2.2.9-79 - Solo extremamente arenoso esbranquiçado.	62/76

Figura 2.2.2.9-80 - Relevos aplainados.	63/76
Figura 2.2.2.9-81 - Feições originadas a partir de ação antrópica.	63/76
Figura 2.2.2.9-82 - Relevo aplainado no entorno da área de extração de areia.	64/76
Figura 2.2.2.9-83 - A foto ilustra a rocha explorada em escala.	65/76
Figura 2.2.2.9-84 - Relevo aplainado com extensos campos de plantação de caju.	65/76
Figura 2.2.2.9-85 - Foto tirada durante o dia mostrando o relevo aplainado.	66/76
Figura 2.2.2.9-86 - Foto do referido trecho mostrando o relevo planificado e sem cavidades na área de mapeamento.	67/76
Figura 2.2.2.9-87 - Foto referente ao relevo aplainado, observado em diferentes pontos do trecho.	68/76
Figura 2.2.2.9-88 - Foto ilustrativa do trecho. Foram observados relevos aplainados e nenhuma cavidade.	69/76
Figura 2.2.2.9-89 - Estrada sobre o relevo dissecado tabular próximo à cidade de Bacabeiras.	70/76
Quadro 2.2.2.9-3 - Cavidades identificadas na ACL.	71/76
Quadro 2.2.2.9-4 - Cavidades identificadas fora das áreas de estudo de espeleologia, porém dentro dos municípios interceptados pela LT 500 kV Bacabeira - Pecém II.	71/76
Quadro 2.2.2.9-5 - Cavidades identificadas em campo ao longo do empreendimento nas áreas de alto e muito alto potencial espeleológico	73/76
Figura 2.2.2.9-90 - Detalhe da passagem da LT pela Serra da Ibiapaba, onde houve desvio do traçado.	75/76
Figura 2.2.2.9-91 - Detalhe do segundo ponto onde houve o desvio do traçado da LT em função do ponto Cav1	76/76

2.2.2.9 - Espeleologia

2.2.2.9.1 - Introdução

O presente diagnóstico faz-se necessário em atendimento aos princípios firmados pela Política Nacional do Meio Ambiente - Lei 6.938, de 31/08/1981, e pela Lei do SNUC nº 9.985, de 18/7/2000. O patrimônio espeleológico é constituído pelas cavidades naturais em rocha aflorante, são legalmente protegidas segundo o Decreto 99.556 de 01/10/1990, alterado pelo Decreto 6.640, de 07/11/2008.

O licenciamento ambiental de empreendimentos em regiões propícias à ocorrência de cavidades requer uma análise com relação aos sítios espeleológicos nas suas Áreas de Estudo. Essa análise segue metodologia que cumpre as diretrizes dispostas nos Termos de Referência emitidos pelo IBAMA e em conformidade com as diretrizes para prospecção de cavidades preconizadas pelo ICMBio (Instituto Chico Mendes de Conservação de Biodiversidade) e o CECAV (Centro Nacional de Pesquisa e Conservação da Biodiversidade), órgão do Ministério do Meio Ambiente.

No que tange o meio físico, a necessidade de preservar feições espeleológicas está associada a relevantes aspectos socioculturais, já que tais cavidades podem revelar informações históricas de povos ou antigas sociedades, e ainda, são utilizadas em atividades esportivas, religiosas ou de lazer. Além disso, as cavidades têm grande participação na dinâmica hídrica tanto em escala local quanto regional, principalmente em regiões onde afloram rochas de natureza carbonática. Cabe lembrar que as cavernas constituem, especialmente no ambiente semiárido, um importante abrigo para animais, por ser um refúgio do longo período de irradiação do sol e das temperaturas elevadas, típicas da região ao longo de todo o ano.

Sendo assim, este estudo foi elaborado considerando o disposto no Termo de Referência do empreendimento de modo a atender ao artigo 4º da Resolução CONAMA nº 347/2004 e do Decreto nº 99.556/1990, alterado pelo Decreto nº 6.640/2008, a Instrução Normativa MMA nº 02/2009, e contém as informações consolidadas sobre os dados espeleológicos da região de inserção do conjunto de LTs, que compõe a LT 500 kV Bacabeira - Pecém II.

Para tanto, apresenta também os aspectos legais referentes ao patrimônio espeleológico em questão, a metodologia para a definição das classes de potencial espeleológico e para o levantamento de campo, bem como os resultados das análises de gabinete e das campanhas de campo sobre a presença ou ausência de cavidades naturais nas proximidades da LT em questão.

O Mapa de Classes de Potencialidade Espeleológica e o Caminhamento Espeleológico (3182-01-EIA-MP-2009, no Caderno de Mapas) e o registro do caminhamento espeleológico realizado também é apresentado em formato “KML”, em mídia digital.

2.2.2.9.2 - Legislação Pertinente- Espeleologia

O patrimônio espeleológico, derivado do patrimônio geológico, possui características específicas que compõe um ambiente dinâmico e frágil. O patrimônio espeleológico guarda vestígios e aspectos importantes para estudos geológicos, biológicos, arqueológicos, paleontológicos, climáticos e de biodiversidade. Há constatação de diversos endemismos em cavernas, indicando assim a sua importância ecossistêmica (BICHUETTE *et al.*, 2005; BICHUETTE *et al.*, 2008; TRAJANO, 2006).

Na Constituição Federal de 1988 em seu Art. 20 estão definidos os bens da União e em seu inciso X indica que as cavidades naturais subterrâneas e os sítios arqueológicos e pré-históricos são considerados bens da união. São também protegidas pelo Decreto nº 99.556/1990, alterado pelo Decreto nº 6.640/2008, onde definem cavidades naturais como sendo:

“Entende-se por cavidade natural subterrânea todo e qualquer espaço subterrâneo acessível pelo ser humano, com ou sem abertura identificada, popularmente conhecida como caverna, gruta, lapa, toca, abismo, furna 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 Artigo 4º da Resolução CONAMA nº 347/2004, que dispõe sobre a proteção do patrimônio espeleológico, considera que:

“A localização, construção, instalação, ampliação, modificação e operação de empreendimentos e atividades, considerados efetiva ou potencialmente poluidores ou degradadores do patrimônio espeleológico ou de sua área de influência dependerão de prévio licenciamento pelo órgão ambiental competente, nos termos da legislação vigente.”

Atualmente a legislação vigente trata as cavernas de forma abrangente e não pontual, no entanto, o valor de uma caverna se estende ao seu entorno abrangendo os elementos necessários para assegurar a integridade da caverna formando o patrimônio espeleológico. Esses elementos compreendem fatores abióticos, bióticos, socioeconômicos, histórico-culturais, subterrâneos ou superficiais.

Caso o empreendimento cause impactos negativos a cavidades naturais, deverá ser aplicado o que preconiza a Instrução Normativa MMA n° 02/2009. Em seu Art. 1°, a referida IN define que o grau de relevância das cavidades naturais subterrâneas será classificado de acordo com a metodologia estabelecida na própria Instrução Normativa, e poderá ser máximo, alto, médio ou baixo, determinado pela análise dos atributos e variáveis listados no Anexo I, avaliados sob enfoque local e regional. Após a definição do grau de relevância pela aplicação da IN MMA n° 02/2009, caso seja comprovado impacto deverão ser adotados os critérios contidos na IN ICMBio n° 30/2012.

A IN ICMBio n° 30/2012 estabelece procedimentos administrativos e técnicos para a execução de compensação espeleológica para empreendimentos que ocasionem impacto negativo irreversível em cavidade natural subterrânea classificada com grau de relevância alto e que não possuam na sua área, conforme análise do órgão licenciador, outras cavidades representativas que possam ser preservadas sob a forma de cavidades teste para a compensação espeleológica.

Vale destacar que a aplicação da IN MMA 2/2009 e da IN ICMBio 30/2012 está estritamente associada aos impactos negativos e irreversíveis causados pelo empreendimento em cavidades naturais. As supracitadas INs não se aplicam a este empreendimento, uma vez que, a partir da prospecção espeleológica realizada na Área de Estudo foram efetuadas alterações de traçado para assegurar a integridade do Patrimônio Espeleológico, como descrito no **Item 2.1- Estudo de Alternativas Tecnológicas e Locacionais**.

A Portaria IBAMA n° 887/1990 e a Resolução CONAMA n° 347/2004, pelo § 3° do Art 4°, determina que a área de influência sobre o patrimônio espeleológico será definida pelo órgão ambiental competente que poderá, para tanto, exigir estudos específicos, a expensas do empreendedor. Também define que até que se efetive a definição pelo órgão a área de influência das cavidades naturais subterrâneas será a projeção horizontal da caverna acrescida de um entorno de duzentos e cinquenta (250) metros, em forma de poligonal convexa.

2.2.2.9.3 - Definição da Área de Estudo da Espeleologia

Para o tratamento das informações acerca do patrimônio espeleológico, foi definida Área de Estudo diferenciada dos demais aspectos estudados no meio físico considerando as recomendações do Termo de Referência expedido pelo IBAMA para o empreendimento em questão. Dessa forma definiram-se as seguintes áreas de estudo espeleológicas:

- **Área de prospecção espeleológica (APE):** definida pela ADA, ampliada com um entorno de 250 m da diretriz preferencial do traçado (entre 0 e 250 m para cada lado da faixa de servidão da LT), referente ao distanciamento mínimo cautelar das obras em relação à projeção em superfície das galerias de possíveis cavidades naturais subterrâneas. Tal definição observa o conteúdo da Resolução CONAMA nº 347/2004 e do Decreto nº 99.556/1990, alterado pelo Decreto nº 6.640/2008. Nas áreas de alto e muito alto potencial espeleológico, a APE correspondeu a área entre de 250 m a 1000 m do eixo do traçado.
- **Área de verificação de cavernas (AVC):** definido como o entorno de 1.000 m da diretriz projetada, excluída a APE (entre 251 e 1.000 m para cada lado do eixo da LT), para fins de validação das cavernas registradas em dados oficiais presentes da região e/ou aquelas indicadas por moradores locais;
- **Área de cavernas lindeiras (ACL):** definida como a área compreendida entre 1.000 a 5.000 m no entorno da diretriz projetada (entre 1.000 e 5.000 m para cada lado do eixo da LT), externa à AVC. Os estudos nessa faixa contemplam as ocorrências espeleológicas citadas ou registradas em fontes secundárias.

Para os mapeamentos de Potencial de Ocorrência de Cavidades consideraram-se os limites definidos para a Área de Estudo (AE) do meio físico, que foram determinados a partir da delimitação das sub-bacias hidrográficas.

2.2.2.9.4 - Metodologia

Empreendimentos lineares como linhas de transmissão, estradas e dutos, representam um desafio especial à prospecção espeleológica, visto que podem abranger áreas muito extensas e, frequentemente, de difícil acesso. Os procedimentos metodológicos utilizados para a definição e análise do potencial espeleológico das unidades litoestratigráficas interceptadas pela futura LT 500 kV Bacabeira - Pecém II, bem como os adotados nas campanhas de campo são apresentadas na sequência.

2.2.2.9.5 - Atividade de Gabinete

E em primeiro momento foram realizadas pesquisadas bibliográficas a bases de dados públicas em relação às características geológicas e geomorfológicas da região e, especificamente, sobre

as cavidades conhecidas no entorno do empreendimento. Foram também avaliadas e consultadas bases de dados cartográficas, tais como as imagens disponíveis do *Base Map*®.

As principais fontes consultadas foram: Cadastro Nacional de Informações Espeleológicas - CANIE/CECAV, Cadastro Nacional de Cavernas - CNC/SBE, bases geográficas do Centro Nacional de Pesquisa e Conservação de Cavernas - CECV/ICMBio (2016).

Para os dados de geologia, conforme descrito no item **2.2.2.5 - Estudos Geológicos**, as principais bases de dados disponíveis foram: Geologia Regional, Projeto RADAMBRASIL (Folha Rios São Francisco e Aracaju v01 e Folha Brasília v29), o Zoneamento Agroecológico do Nordeste do Brasil (SILVA *et al.*, 2000), o Mapa de Geodiversidade da Bahia (CPRM, 2010) e o Mapa de Geodiversidade do Piauí (CPRM, 2010). Também foram utilizados os arquivos vetoriais em formato *shapefile* disponibilizados pelo GEOBANK da Geologia do Brasil, o Mapa Geológico do Piauí (CPRM, 2006) e o Mapa Geológico da Bahia (CPRM, 2003), acessados no mês de setembro de 2016.

Para os dados referentes a Geomorfologia (item **2.2.2.6 - Estudos - Geomorfológicos**) utilizou-se o Projeto RADAMBRASIL (Folha Rios São Francisco e Aracaju v01 e Folha Brasília v29), o Zoneamento Agroecológico do Nordeste do Brasil (SILVA *et al.*, 2000), o Manual Técnico de Geomorfologia (IBGE, 2009), o Mapa de Unidades de Relevo do Brasil (IBGE, 2006), o Mapa de Geodiversidade da Bahia (CPRM, 2010) e o Mapa de Geodiversidade do Piauí (CPRM, 2010).

A metodologia para delimitação das áreas com maior potencial para ocorrência de cavidades ao longo da AE contou com a integração de dados de declividade, com os dados geológicos disponíveis na escala de 1:250.000, considerando a classificação adotada pelo CECV de potencial espeleológico de acordo com a litologia.

As classes de declive escolhidas baseiam-se em conceitos de estabilidade de taludes preconizados por manuais geotécnicos onde os ângulos utilizados para classificar o relevo foram os seguintes: Muito Baixo (0 a 20,5 graus), Baixo (20,5 a 37 graus), Médio (37 a 45 graus), Alto (45 a 62,5 graus) e Muito Alto (acima de 62,5 graus).

Esse material foi integrado aos mapas de relevo e de drenagem para identificar os locais onde os processos de formação de cavidades eventualmente serão mais intensos. A esses aspectos foram determinados parâmetros e pesos específicos aperfeiçoaram os resultados obtidos de acordo com Jansen *et al.* (2012) e segue apresentada no **Quadro 2.2.2.9-1**.

No **Quadro 2.2.2.9-1** é apresentado o critério para classificação do potencial espeleológico de acordo com as litologias, adotado pelo CECAV.

Quadro 2.2.2.9-1 - Potencial espeleológico de acordo com a litologia

Potencialidade	Litologia
Muito Alta	Calcário, dolomito, evaporito, formação ferrífera bandada, itabirito e jaspilito
Alta	Calcrete, carbonatito, mármore, metacalcário e marga
Média	Arenito, conglomerado, filito, folhelho, fosforito, grauvaca, metaconglomerado, metapelito, metassilito, micaxisto, milonito, quartzito, pelito, riolito, ritmito, rocha calcissilicática, silito e xisto.
Baixa	Anortosito, arcóseo, basalto, charnockito, diabásio, diamictito, enderbitto, gabro, gnaisses, granitos, granitoides, granodiorito, hornfels, kinzigito, komatito, laterita, metachert, migmatito, monzogranito, oliva gabro, ortoanfibolito, sienito, sienogranito, tonalito e trondhjemito, entre outros.
Improvável	Aluvião, areia, argila, cascalho, lamito, linhito, demais sedimentos, turfa e tufo.

Fonte: Jansen *et al.* 2012 ICMBio/CECAV, 2011.

O **Mapa de Classes de Potencialidade Espeleológica e Caminhamento Espeleológico - 3182-00-EIA-MP-2009**, no **Caderno de Mapas**, seguiu classificação adotada pelo CECAV, em cinco tipos principais: Improvável, Baixo, Médio, Alto e Muito Alto. No entanto, para o presente diagnóstico, visando uma análise conservadora, em função da grande quantidade de litologias interceptadas e a escala dos dados solicitados, foi realizada a proposição de mais três classes intermediárias: Baixo a Médio, Médio a Alto e, finalmente, Alto a Muito Alto. Vale ressaltar que neste mapa, em função da heterogeneidade de litologias classificadas dentro de uma mesma unidade estratigráfica, assim como a escala de mapeamento em que os contatos entre tais rochas foram analisados, foi utilizado o princípio da prudência para seleção do potencial a ser apresentado, ou seja, em unidades intermediárias, optou-se pelo potencial mais restritivo, entenda-se o mais alto. Por exemplo, as unidades aqui identificadas como de potencial espeleológico média a alto, em mapa, serão agrupadas na categoria Alto.

Desse modo, totalizam-se oito classes de potencialidade espeleológica, nem todas ocorrem ao longo da AE, mas essa classificação pormenorizada ajuda a definir com maior precisão os locais com maior probabilidade de ocorrência de cavernas. No **Quadro 2.2.2.9-2** são apresentadas todas as litologias interceptadas pela AE, em ordem estratigráfica crescente, classificadas segundo seu potencial espeleológico, seguindo o critério adotado pelo CECAV.

Quadro 2.2.2.9-2 - Potencial espeleológico das unidades litoestratigráficas interceptadas pela AE de acordo com a litologia

	Unidade Litoestratigráfica	Litologias	Formas de Relevo Predominantes	Potencial Espeleológico
1	Complexo Gnaissico-Migmatítico Granja	Migmatito, Metagranito, Metagranodiorito, Metatonalito, Metatrandhjemito	Convexas, Tabulares e Aguçadas	Baixo
2	Complexo Canindé do Ceará	Xisto, Paragneisse	Convexas, Tabulares e Aguçadas	Baixo a Média
3	Suíte Intrusiva Tromai	Tonalitos, granodioritos, quartzodioritos e granitos	Convexas, Tabulares e Aguçadas	Baixo
4	Complexo Granito-Migmatítico Tamboril - Santa Quitéria	Diatexito, Granito, Granodiorito, Metatexito, Rocha calcissilicática, Milonito, Actinolita anfibolito	Convexas, Tabulares e Aguçadas	Baixo
5	Corpo Tucundubá	Granito, Granodiorito	Convexas, Tabulares e Aguçadas	Baixo
6	Formação São Joaquim	Cianita-sillimanita quartzito, bif, mármore, paragneisse e rocha metavulcânica (marinho raso)	Convexas, Tabulares e Aguçadas	Médio a Alto
7	Suíte Intrusiva Chaval	Granodiorito, Quartzo sienito, Quartzo monzonito	Convexas, Tabulares e Aguçadas	Baixo
8	Corpo Granítico Mocambo	Granitos e Granodioritos	Convexas, Tabulares e Aguçadas	Baixo
9	Unidade Independência	Xisto, Metacalcário, Gnaisse	Convexas, Tabulares e Aguçadas	Médio
10	Sienito Tucunduba	Granitóides	Convexas, Tabulares e Aguçadas	Baixo
11	Formação Serra Grande	Arenito, Folhelho, Siltito arenoso, Conglomerado suportado por matriz	Convexas, Tabulares e Aguçadas	Muito Alto
12	Formação Pacujá	Arenitos arcossianos finos a siltitos com pelitos	Convexas, Tabulares e Aguçadas. Transição para pediplanos na forma de tabuleiros e depressões	Baixo
13	Grupo Itapecuru (Cretáceo Superior)	Arenito, Argilito, Folhelho, Siltito, Arenito arcoseano	Convexas, Tabulares e Aguçadas. Transição para pediplanos na forma de tabuleiros e depressões	Médio a Alto
14	Formação Sardinha	Basaltos	Convexas, Tabulares e Aguçadas	Baixo
16	Formação Camocim	Conglomerado	Convexas, Tabulares e Aguçadas. Transição para pediplanos na forma de tabuleiros e depressões	Médio
17	Grupo Barreiras	Arenito conglomerático, Argilito arenoso, Arenito, Argilito, Conglomerado, Siltito	Depósitos de Acumulação Fluvio - Marinha	Baixo
18	Depósitos Aluvionares	Areias inconsolidadas	Depósitos de Acumulação Fluvial	Improvável
19	Depósitos Colúvio - Eluviais	Areia, Argila, Cascalho	Depósitos de Acumulação Coluvial ou de Enxurrada	Improvável
20	Depósitos de Cordões Litorâneos Antigos	Areia, Argila, Silte	Depósitos de Acumulação Fluvial	Improvável
22	Depósitos Eólicos Continentais	Areias Inconsolidadas	Depósitos de Acumulação Eólica	Improvável
23	Depósitos Eólicos Litorâneos	Areias inconsolidadas	Depósitos de Acumulação Eólica	Improvável
25	Depósitos Litorâneos	Areia, Argila	Depósitos de Acumulação Marinha	Improvável

2.2.2.9.6 - Atividades em Campo

O cruzamento do mapa de potencial espeleológico desenvolvido pelo ICMBio com as unidades litoestratigráficas e geomorfológicas a serem atravessadas pela diretriz do empreendimento, bem como os dados de declividade possibilitaram determinar as áreas de maior potencial de ocorrência de cavidades ao longo da AE. O objetivo dessa análise foi definir a estratégia de prospecção, priorizando as litologias mais favoráveis à existência de cavidades.

De acordo com o TR, a Área de Estudo espeleológica compreende 1 km para cada lado do eixo do traçado preferencial da linha. As cavidades identificadas entre 251 e 1000 m em regiões de alto e muito alto potencial espeleológico foram registradas e descritas quanto suas características principais: morfologia, dimensão, conteúdo físico e biótico, tal descrição foi realizada após visita às cavidades. Para atender o referido termo de referência também foi realizado o reconhecimento de campo nas regiões de médio e baixo potencial espeleológico, no intervalo entre 251 e 1000 m. A campanha de campo foi realizada entre os dias 23 de agosto e 04 de outubro de 2016.

Na etapa em campo, foram realizados caminhamentos ao longo de todo o empreendimento com o objetivo de caracterizar as condições fisiográficas mais expressivas nessas áreas, especialmente ao longo de escarpas, e locais onde há indícios de drenagem (ativa ou seca), onde tendem a ocorrer as cavidades tipicamente associadas às litologias aflorantes na região.

Para a execução da prospecção de cavidades nas áreas determinadas foi necessário uso de equipamento que permitisse a localização geográfica em campo, caracterização do substrato e abertura de acesso, ainda que efêmero, a locais relevantes para a caracterização espeleológica.

- Máquina fotográfica DLSR Canon Rebel T3
- Cadernetas de Campo
- Cartas Topográficas escala 1/50.000
- GPS Etrex 20x - Garmin
- Software DNR GPS (Demo)
- Software ArcGIS
- Imagens de satélite cedidas pelo software *Google Earth*®

- Imagens de satélite

Estas atividades abrangeram as ações em campo necessárias para consolidação do conhecimento sobre a existência ou não de cavernas na área de inserção do empreendimento, delimitada aqui como área de Estudo da Espeleologia.

O esforço e a estratégia de prospecção em campo são diretamente relacionados ao potencial espeleológico de cada área.

Em terrenos classificados como de alto ou muito alto potencial para ocorrência de cavidades a estratégia é de aplicação de um caminhamento intensivo, associado às pesquisas de gabinete das imagens orbitais disponíveis, entrevistas estruturadas com moradores e trabalhadores locais e vistoria em locais predefinidos.

Em áreas classificadas como de médio e baixo potencial os locais a serem prospectados são delimitados em gabinete. O esforço de campo nessas áreas é definido por amostragem, com auxílio de imagens de satélite, e busca-se verificar em campo as feições consideradas indicativas ou diagnósticas, tais como abatimentos, afloramentos, vertentes de drenagens, grotas e paredões. Em áreas de ocorrência improvável, o esforço prospectivo é mais direcionado considerando em especial dados secundários e entrevistas estruturadas a ser realizada com moradores e trabalhadores locais que conheçam bem a área e que caso indiquem a ocorrência de cavidades esses locais são vistoriados.

Para o registro dos trajetos e das coordenadas dos pontos vistoriados em campo foram utilizados os GPS ETREX 20x GARMIM® em modo de registro contínuo. O *datum* utilizado para todas as informações contidas neste relatório foi SIRGAS 2000. Os dados foram tratados por meio dos *softwares* como ArcMap 10.1 e Trackmaker Pro.

Os registros das trilhas e pontos de observação estão apresentados no **Mapa de Classes de Potencialidade Espeleológica e Caminhamento Espeleológico - 3182-00-EIA-MP-2009**.

O objetivo principal da campanha de campo foi verificar o potencial determinado em gabinete. Os trabalhos em campo contaram com duas equipes, com três profissionais cada. Os seis profissionais qualificados realizaram a vistoria de cavidades e o tratamento dos dados obtidos.

A realização de entrevistas é considerada outra parte importante dos esforços de prospecção espeleológica, uma vez, que os moradores locais, especialmente os trabalhadores rurais que

percorrem com frequência a região em seus trabalhos são conhecedores das cavernas. O fascínio que as cavidades geram na população faz com que esses locais sejam normalmente de conhecimento local. Muitas vezes locais as cavernas são alvo de mitos, visitação religiosa, e fazem parte do imaginário comum.

As entrevistas realizadas em campo foram preferencialmente nas áreas de prospecção ou nos acessos a essas. Após uma breve apresentação do empreendimento e do objeto do trabalho da equipe, sempre com consentimento do morador, foram feitas perguntas sobre o conhecimento dos mesmos sobre a presença de cavidades (sentido *lato sensu*).

2.2.2.9.7 - Caracterização das Áreas onde foram Realizadas Prospecções Espeleológicas

2.2.2.9.7.1 - Mapeamento do Trecho de Alto e Muito Alto Potencial

Na etapa pré-campo foram selecionadas quatro regiões com potencial espeleológico alto e muito alto, para serem prospectadas (A1, A4, A5, A6), além de ocorrências de cavernas registradas na Área Estudo segundo os dados disponíveis no CECAV (Base Canie e Jansen *et al.* 2012). Durante o reconhecimento em campo das feições geológicas e geomorfológicas foram incluídas duas áreas (A2 e A3) na região da chapada de Ibiapaba.

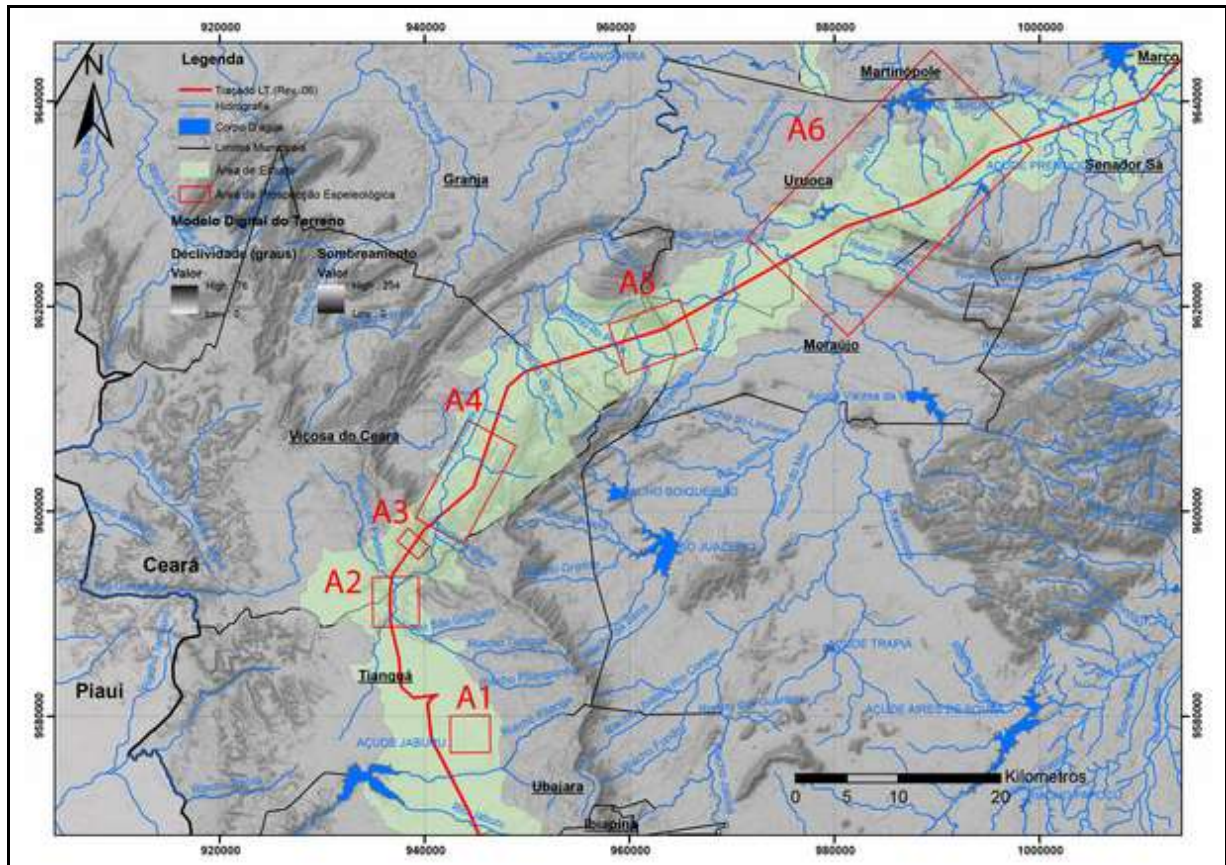


Figura 2.2.2.9-1 - Localização das Áreas de Alto e Muito Alto Potencial para Prospecção Espeleológica (APE)

A1: Situada no município de Tianguá (CE), possui caverna cadastrada no banco de dados do CECAV (base Canie). No entanto, as coordenadas longitudinais estão equivocadamente georreferenciadas, e referem-se ao Distrito de Araticum, no Município de Ubajara, cerca de 13 km a leste de Tianguá. Por esse motivo, a localização correta dessa cavidade está fora da AE (Figura 2.2.2.9-2).

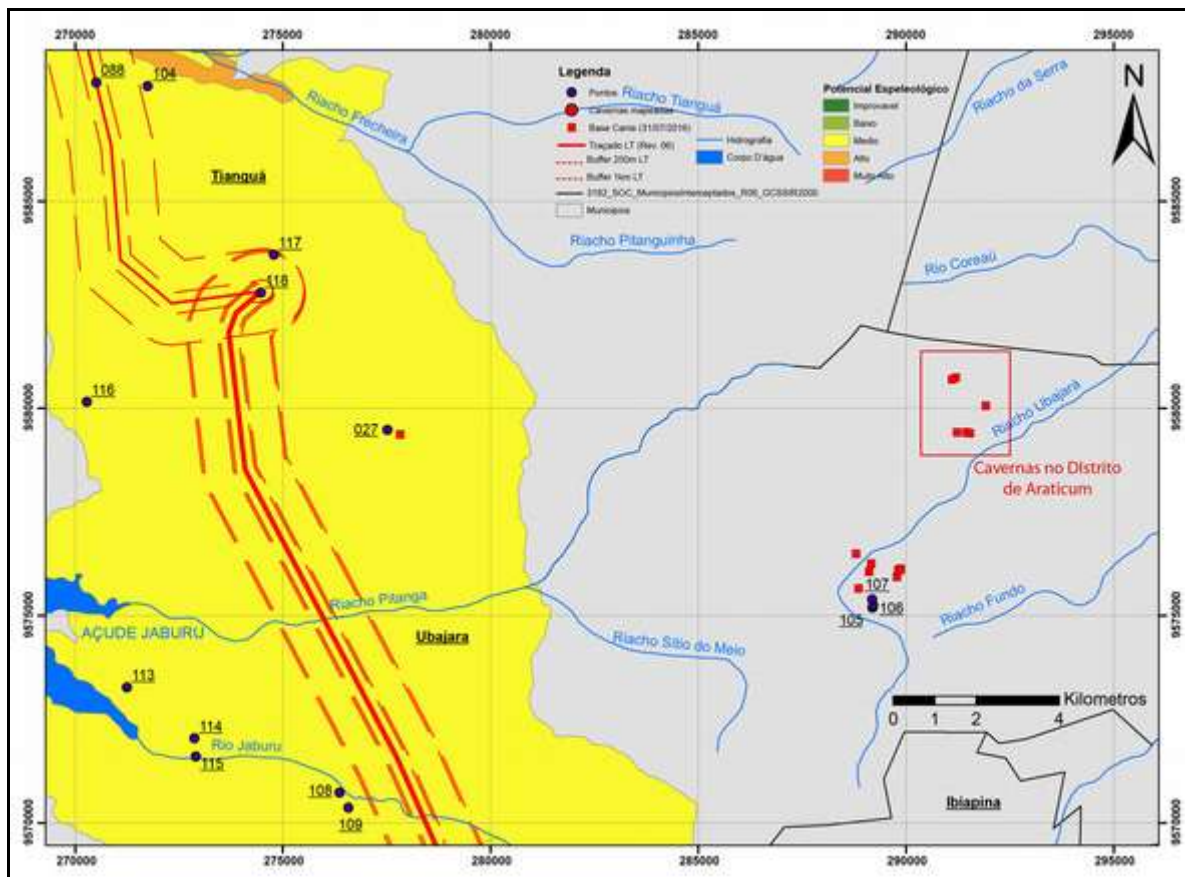


Figura 2.2.2.9-2 - Localização da Área de Prospecção Espeleológica A1

A2: Situada nos limite entre os municípios de Viçosa do Ceara e Tianguá (CE), próximos do Distrito de Quatiguaba. A morfologia de relevo é de escarpa restrita constituída por arenito onde foram localmente identificadas cinco cavidades, brevemente descritas a seguir (Figura 2.2.2.9-3).

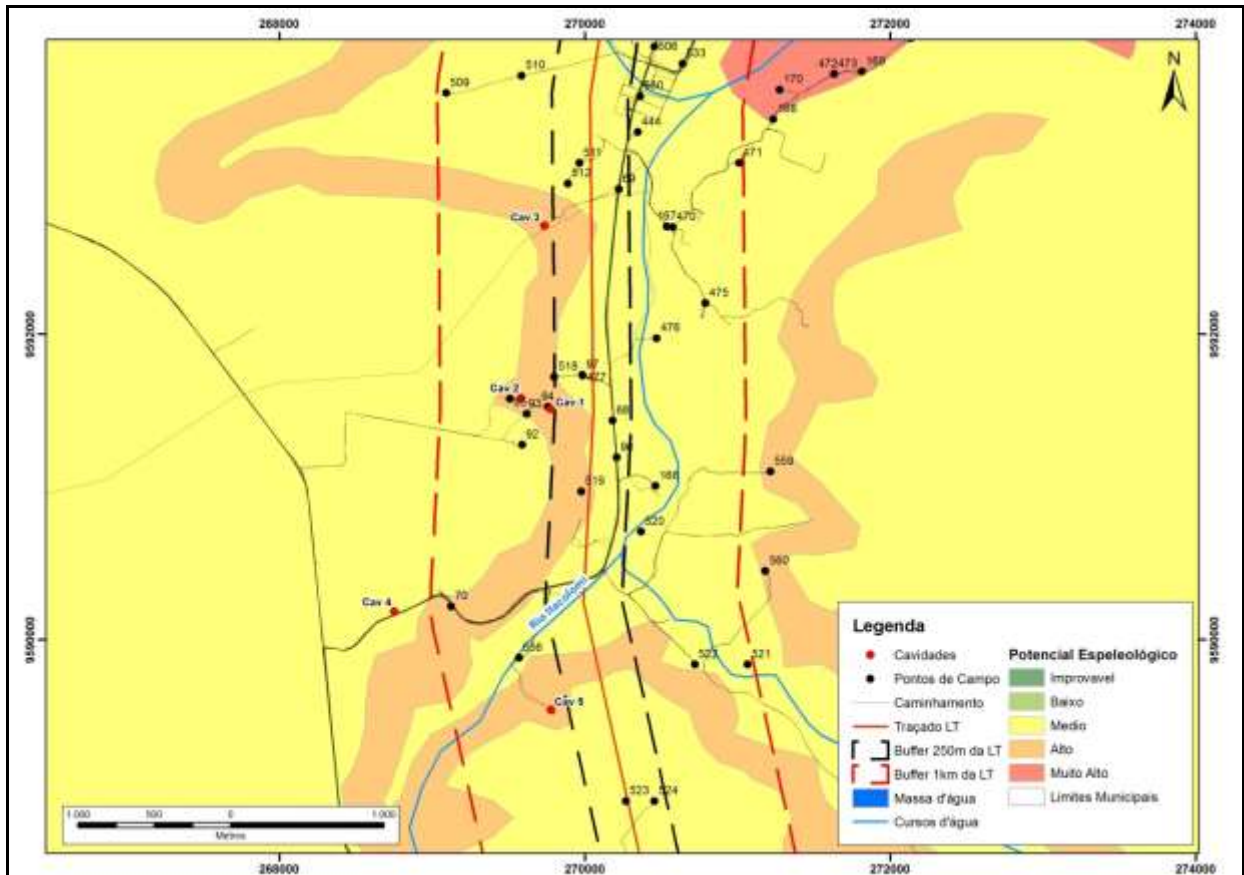


Figura 2.2.2.9-3 - Localização da Área de Prospecção Espeleológica A2

No ponto Cav 1 foi observada um pequeno abrigo (Coordenadas Sirgas 2000 24S 269777 E / 9591509 N). Distante aproximadamente 219 metros da diretriz da LT. Descrição: Lente de material caulínítico lixiviada expondo afloramento de arenito coeso rico em sílica. Material caulínítico decompõe-se em solo delgado e recente sobre o qual se desenvolve vegetação de caatinga que dificulta o acesso e o registro fotográfico da cavidade. Suas dimensões aproximadas são de 0,5 metro de altura por 2 metros de comprimento e 1 metro de profundidade e estende-se ao longo de planos de falha, fornece abrigo para pequenos animais (Figura 2.2.2.9-4).



Figura 2.2.2.9-4 - Abrigo identificado no ponto Cav 1.

No ponto Cav 2, foi observado um pequeno abrigo (Coordenadas Sirgas 2000 24S - 269583 E / 9591581 N). Distante aproximadamente 413 metros da diretriz da LT. Lente de material caulínico foi lixiviada expondo afloramento de arenito coeso rico em sílica. Material caulínico se decompõe em camada de solo delgado e recente sobre o qual desenvolve-se vegetação. Suas dimensões aproximadas são de 1 metro de altura por 6 metros de comprimento e 0,5 metros de profundidade e estende-se ao longo de planos de falha, abrigando pequenos animais (Figura 2.2.2.9-5).



Figura 2.2.2.9-5 - Detalhe do abrigo identificado no ponto Cav 2.

O ponto Cav. 3, (Coordenadas Sirgas 2000 24S - 269736 E / 9592712 N) está situado em um afloramento em forma de paredão, com aproximadamente 15 metros de altura e 30 de comprimento. Trata-se de um paredão de arenito, no qual não é possível caracteriza-lo com detalhe, uma vez que o acesso ao mesmo não foi possível por condições de segurança da equipe.

No afloramento observam-se três *sets* de fraturas ortogonais entre si. Nas fraturas horizontais são formadas cavidades com maiores aberturas em seu eixo horizontal. A abertura da principal cavidade possui largura de aproximadamente 3 metros e altura de 50 centímetros (Figura 2.2.2.9-6).



Figura 2.2.2.9-6 - Visada a distância da cavidade avistada no local do Cav. 3, caracterizando fendas em arenitos cuja formação foi favorecida pela presença de fraturas e posterior dissecação das mesmas.

O ponto Cav. 4 (Coordenadas Sirgas 2000 245 -268753 E/9590183 N) é representado por um morro testemunho de formação arenítica apresentando fortes dissecações nos planos horizontais com algumas inserções nestes planos formando pequenos abrigos que servem de espaço para abrigo de aves de pequeno porte (Figura 2.2.2.9-7).



Figura 2.2.2.9-7 - Cav. 4 em morro testemunho arenítico caracterizado por pequenas gretas e fendas de dissecação em fraturas e em planos paralelos às camadas deposicionais.

O ponto Cav. 5 (Coordenadas Sirgas 2000 24S - 269778 E/9589538 N) situado em meio a uma drenagem inserida em um vale com inúmeras cavidades em formas de fendas e abrigos, tendo como litologia principal um arenito com granulação variando de fina a média. O afloramento possui cerca de 8 metros de altura e 20 metros de comprimento. Neste afloramento são observados 3 *sets* de fraturas ortogonais entre si. A principal direção de fratura é perpendicular ao S_0 da rocha, sendo que estas são as principais direções de formação de cavidades. A principal cavidade que ocorre neste afloramento apresenta abertura com 1 metro de altura e 3 metros de largura (Figura 2.2.2.9-8). Nestas cavidades foram encontradas fezes de animais, indicando tais estruturas são utilizadas como abrigos para animais.



Figura 2.2.2.9-8 - Cav. 5 caracterizada por fendas e abrigos em fraturas tectônicas e de alívio.

A3: Ocorre na escarpa da Chapada de Ibiapaba, tratam-se do limite de tipos de relevo distintos, os depósitos de tálus de rochas gnaissicas migmatíticas que aparentemente constituíam o embasamento, e a escarpa de arenitos micáceos silurianos da bacia do Parnaíba (Figura 2.2.2.9-9).

Nessa localidade ocorre o contato do embasamento (quartzitos e gnaisses migmatíticos) com os supracitados arenitos da escarpa. Na área foi registrada uma sequência de cavidades observadas em arenitos finos a médios de coloração que varia do branco amarelado ao avermelhado, onde frequentemente estão impressas estratificações cruzadas e plano paralelas de grande porte. Não raramente tais cavidades desenvolvem-se ao longo de falhas e lentes cauliniticas entre espessos pacotes de arenitos, de onde é escavado um material fino caulínítico.

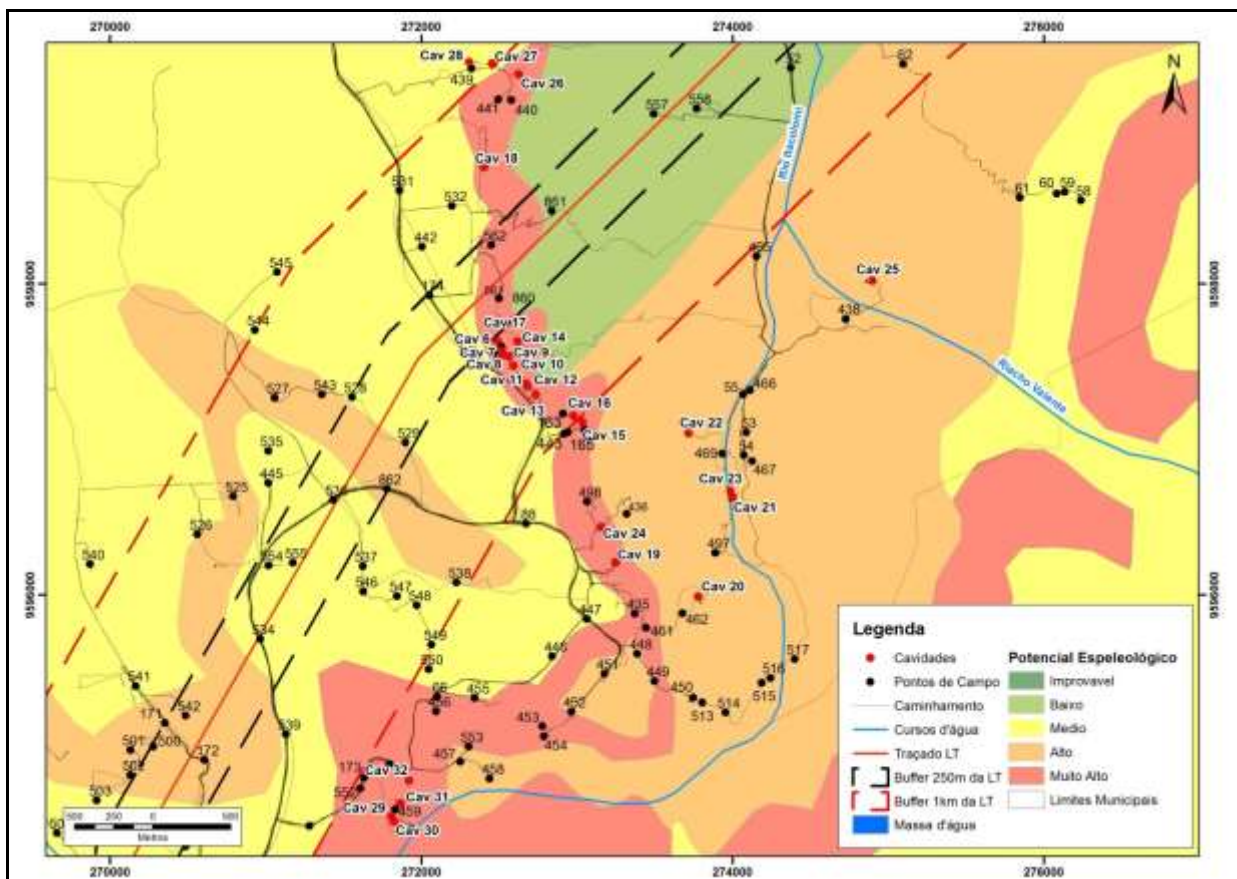


Figura 2.2.2.9-9 - Localização da Área de Prospecção Espeleológica A3

No ponto Cav 6, foi observado afloramento (Coordenadas Sirgas 2000 24S - 272487 E/ 9597633 N). Essa escarpa representa o potencial espeleológico mais representativo das adjacências, em função do gradiente altimétrico, da declividade e da litologia aflorante. A cavidade nesse ponto desenvolve-se por mais de 10 metros de largura, por cinco de altura e três de profundidade (Figura 2.2.2.9-10 e Figura 2.2.2.9-11).



Figura 2.2.2.9-10 - Caverna identificada no ponto Cav 6.



Figura 2.2.2.9-11 - Afloramento observado nas proximidades do ponto Cav 6. Desenvolve-se por mais de 15 metros de largura, por 8 metros de altura e 3 metros de profundidade.

No ponto Cav 7, foi observado afloramento de arenito médio em escarpa (Coordenadas Sirgas 2000 24S - 272516 E / 9597571 N) onde o lixiviamento retira a lente caulínica e desenvolve cavidade contínua, que se estende ao longo de planos de falha e acamamentos sedimentares. Sequências de mais de 10 metros de comprimento, ao longo de empacotamentos com cerca de 5 metros de altura (Figura 2.2.2.9-12).



Figura 2.2.2.9-12 - Detalhe da cavidade identificada no ponto Cav 7.

No ponto Cav 8, foi identificada grande cavidade em arenito com 20 m de largura por 10 m de altura e oito de profundidade (Coordenadas Sirgas 2000 24S - 272523 E / 99597541 N). Originalmente esse espaço era preenchido por material fino branco que ainda se encontra no piso da cavidade. Nela foram observados rastros, restos de fezes, ninhos de marimbondo e morcegos (Figura 2.2.2.9-13 e Figura 2.2.2.9-14).



Figura 2.2.2.9-13 - Detalhe cavidade identificada no ponto Cav 8.



Figura 2.2.2.9-14 - Detalhe de grande cavidade em arenito com 20 metros de largura por 10 metros de altura e oito de profundidade.



Figura 2.2.2.9-15 - Detalhe do rastro de cobra e de pegada de roedor em cavidade a cerca de 367,71 metros da diretriz da LT.

Cav. 9 foi identificado cavidade em material caulínítico fino branco que ainda se encontra no piso (Coordenadas Sirgas 2000 24S - 272565 E / 9597536 N). Nela foram observados restos de ninhos de marimbondo e morcegos (Figura 2.2.2.9-16 e Figura 2.2.2.9-17).



Figura 2.2.2.9-16 - Cavidade identificada no ponto Cav 9.

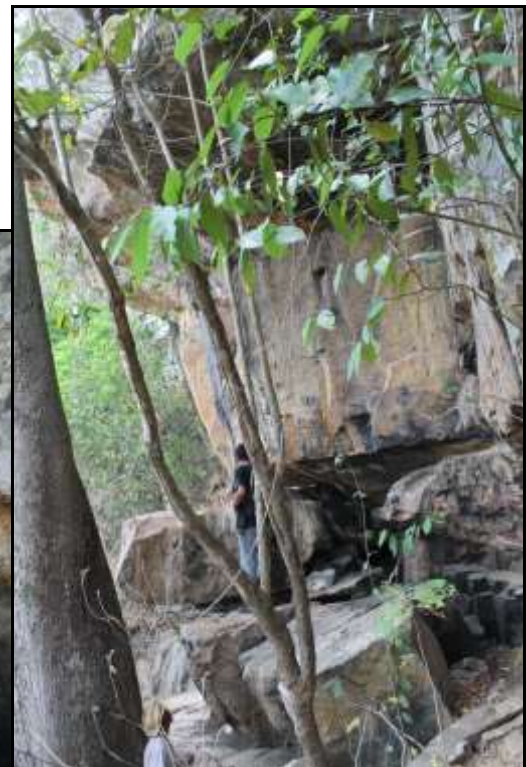


Figura 2.2.2.9-17 - Detalhe da cavidade identificada no ponto Cav 9.

No ponto Cav 10 (Coordenadas Sirgas 2000 24S - 272591 E / 9597475 N) foi observado um paredão de arenito maciço com mais de 15 metros de altura e 10 metros de comprimento apresentando abrigos na base de aproximadamente 3 metros de altura e 2 metros de profundidade. A base de areia formada pela erosão da rocha arenítica deixa registrados rastros de fauna que passam pelo local (Figura 2.2.2.9-18 e Figura 2.2.2.9-19).



Figura 2.2.2.9-18 - Ponto cav. 10 mostrando um paredão arenítico com abrigos na base.



Figura 2.2.2.9-19 - Detalhe para os restos de fezes no ponto Cav 10.

No ponto Cav 11, foi identificado pequeno túnel com cerca de 3 metros de extensão ao longo de blocos empilhados de arenito como pode ser observado na Figura 2.2.2.9-20 (Coordenadas Sirgas 2000 24S - 272673 E / 9597358 N).



Figura 2.2.2.9-20 - Detalhe para o túnel no ponto Cav 11.

No ponto Cav 12, identificou-se afloramento de arenito quartzítico intercalado com arenito fino caulinitico (Coordenadas SIRGAS 2000 245 - 272679 E / 9597340 N). A erosão diferenciada da origem a estruturas espeleológicas que dão forma às escarpas locais. Essas escarpas são frequentemente utilizadas como abrigo pela fauna. As falhas geológicas de origem tectônica e o empacotamento sedimentar são planos de desenvolvimento de cavidades. O solo caulinitico é autóctone residual, e vai sendo carreado em direção ao fundo do vale. Escarpas muitas vezes ultrapassaram 12 metros de altura máxima (Figura 2.2.2.9-21).



Figura 2.2.2.9-21 - Detalhe para cavidade identificada no ponto Cav 12.

No ponto Cav. 13 (Coordenadas Sirgas 2000 24S - 272735 E / 9597286) é observado um grande paredão arenítico com frente fortemente fraturada apresentando fendas em meio às fraturas das quais não puderam ser medidas devido ao difícil acesso ao topo. A base é constituída por blocos centimétricos à métricos que depreendem do topo fortemente fraturado (**Figura 2.2.2.9-22 e Figura 2.2.2.9-23**).



Figura 2.2.2.9-22 - Cav. 13 representado por maciço arenítico fortemente fraturado formando fendas e pequenos abrigos na frente de dissecação.



Figura 2.2.2.9-23 - Cav. 13 mostrando a base formada por blocos centimétricos a métricos que depreendem da frente de dissecação do maciço arenítico.

O ponto Cav. 14 (Coordenadas Sirgas 2000 24S - 272619 E / 9597630 N) Trata-se de cavidades em forma de pequenos abrigos formadas pelos espaços da acomodação dos próprios blocos rolados. A abertura das cavidades varia entre 20 cm e 80 cm (Figura 2.2.2.9-24) e não foi observado fauna no interior das cavidades.



Figura 2.2.2.9-24 - Cavidades formadas por blocos rolados no ponto Cav. 14.

No ponto Cav 15, foi identificado afloramento tipo em área de alto potencial espeleológico em escarpa (Coordenadas Sirgas 2000 24S - 273036 E / 9597109 N). Acesso roçado pelas rochas. Descida escarpada em arenito médio com lentes caulínicas menos resistentes ao intemperismo. Níveis conglomeráticos com cerca de 10 cm. Cavidades em rocha e em fraturas de dimensões métricas. (Figura 2.2.2.9-25).



Figura 2.2.2.9-25 - Caverna identificada no ponto Cav 15.

No ponto Cav. 16 (Coordenadas Sirgas 2000 24S - 272978 E / 9597152 N) é constituído por um paredão arenítico de 15 metros de altura com frente fortemente dissecada formando pequenas reentrâncias em forma de fendas em meio às fraturas (Figura 2.2.2.9-26).



Figura 2.2.2.9-26 - Cav. 16 mostrando fendas centimétricas formadas em meio às fraturas em arenito maciço.

No ponto Cav. 17 (Coordenadas Sirgas 2000 24S - 272487 E / 9597632 N) é constituído por um paredão arenítico de 10 metros de altura com frente fortemente dissecada formando pequenas reentrâncias (Figura 2.2.2.9-27).



Figura 2.2.2.9-27 - Cav. 17 mostrando um corpo de arenito com estratificação cruzada apresentando forte dissecção formando pequenas fendas horizontais.

No ponto Cav. 18, (Coordenadas Sirgas 2000 24S - 273403E 9598751 N) é observado a formação de abrigos de aproximadamente 2,5 metros de altura por 10 metros de comprimento apresentando uma profundidade média de 2 metros apresentando fendas em meio as fraturas horizontais nos planos de sedimentação (Figura 2.2.2.9-28).



Figura 2.2.2.9-28 - Ponto Cav. 18 representado por um abrigo em local extremamente declivoso.

No ponto cav. 19 (Coordenadas Sirgas 2000 24S - 273249 E / 9596207 N) foram observados materiais inconsolidados de areia/silte com blocos de arenito, além de visadas para escarpas do outro lado do vale. Neste caminhamento foi encontrada somente uma cavidade de ressurgência do Córrego do Criminoso, porém esta se encontra em área externa ao *buffer* (Figura 2.2.2.9-29). É caracterizada como uma pequena caverna formada pela inconsolidação do solo e blocos rolados formada pela força de agentes biológicos (árvore) que favoreceu a abertura da mesma. Apresenta uma abertura de 1 metro de comprimento e 2 metros de altura por uma profundidade média de 1 metro.



Figura 2.2.2.9-29 - Cav. 19 é representado por uma pequena caverna próximo ao córrego do Criminoso.

No ponto cav. 20 (Coordenadas Sirgas 2000 24 S - 273779 E/ 9595989 N). Nesta parte foi encontrado um paredão de aproximadamente 20 metros de altura e abrigos de aproximadamente 2 metros de altura, 10 metros de largura por 1,5 metros de profundidade (Figura 2.2.2.9-30), além de uma fenda com estratos sedimentares de metarenito, onde formam-se abrigos por erosão diferencial (Figura 2.2.2.9-31).



Figura 2.2.2.9-30 - Ponto Cav. 20 representado por Abrigos do outro lado da fenda da Figura 2.2.2.9-31.



Figura 2.2.2.9-31 - Ponto Cav. 20 mostrando a fenda formada entre os blocos areníticos cuja dissecação profunda permite a passagem de pessoas.

No ponto cav. 21 (Coordenada Sirgas 2000 24 S - 273998 E/ 9596627 N) foram observados em um paredão arenítico que segundo relatos de locais esta área era um rio caudaloso e hoje em dia, após intensa seca, é apenas um córrego, o Córrego do Boqueirão, cuja erosão fluvial pretérita formou abrigos de 10 metros de comprimento, 2 metros de altura de 1 metro de profundidade e sua base é constituída de cavidades formadas por blocos rolados de dimensões diversas (Figura 2.2.2.9-32 e Figura 2.2.2.9-33).



Figura 2.2.2.9-32 - Ponto Cav. 21 mostrando as cavidades formadas durante a existência do pretérito rio caudaloso que hoje dá lugar para o Córrego do Boqueirão.



Figura 2.2.2.9-33 - Ponto cav. 21 mostrando os abrigos formados pela erosão do rio pretérito ao Córrego do Boqueirão.

No ponto cav. 22 (Coordenadas Sirgas 2000 24 S - 273717 E/ 9597041 N) é possível constatar a presença de um paredão arenítico com fendas em fraturas dissecadas por ação meteórica em um bloco de 12 metros de comprimento por 10 de altura (Figura 2.2.2.9-34).



Figura 2.2.2.9-34 - Topo do morro aflorando arenito levemente fraturado com pequenas fendas centimétricas formadas por ação meteórica.

No ponto cav. 23 (Coordenada Sirgas 2000 24 S - 273985 E / 9596667 N) observa-se um paredão arenítico de 20 metros de altura por 15 metros de comprimento contendo pequenas fendas e abrigos na base do paredão ao longo do comprimento do mesmo apresentando uma profundidade de 1 metro aproximadamente (Figura 2.2.2.9-35).



Figura 2.2.2.9-35 - Ponto cav. 23 onde aflora um arenito fraturado e com forte dissecção principalmente na base formando abrigos e fendas.

No ponto cav. 24 (Coordenadas Sirgas 2000 24 S - 273154 E / 9596437 N) observa-se um paredão rochoso de 20 metros de altura por 15 metros de comprimento apresentando reentrâncias formando fendas centimétricas e um abrigo de 5 metros de comprimento por 2 metros de altura e 1 metro de profundidade na base da escarpa (**Figura 2.2.2.9-36**).



Figura 2.2.2.9-36 - Ponto cav. 24 mostrando um grande paredão arenítico com abrigos métricos na base.

O ponto Cav. 25 (Coordenadas Sirgas 24 S - 274900 E / 9598020 N) é representado por pequenos abrigos e fendas formadas no xisto quartzoso com pequenas aberturas retilíneas que aparentam ser profundas e servem de abrigo para fauna local (afirmado pelo mateiro). Os pequenos abrigos têm aproximadamente 0,5 m de altura por 0,2 m e 30 centímetros de diâmetro (**Figura 2.2.2.9-37**).



Figura 2.2.2.9-37 - Caverna formando fendas em fraturas tectônicas e de alívio observada no ponto cav. 25. Foram encontradas fezes e urina da fauna local.

O ponto cav. 26 (Coordenadas Sirgas 2000 24 S - 2726525 E / 9599348 N) é representado pela “Caverna da Escuridão”, a de maior dimensão encontrada no presente estudo, foi observado que a mesma acompanha os estratos no nível do pelito. Esta caverna possui 7,5 metros de largura e 3,5 metros de altura e 5 metros de profundidade cuja morfologia é tabular (Figura 2.2.2.9-38) e é caracterizada por corpos tabulares de lamito arenoso e arenito grosso com níveis conglomeráticos.



Figura 2.2.2.9-38 - Cav. 26 representada pela Caverna da Escuridão.

O ponto cav. 27 (Coordenadas Sirgas 2000 24 S - 272454 E / 9599417 N) é representado por um abrigo formado por corpos tabulares de arenito homogêneo formando abrigos de 5 metros de largura por 2 metros de altura e 2 metros de profundidade (Figura 2.2.2.9-39).



Figura 2.2.2.9-39 - Uma das dispersas cavidades do “Talhado do Xixo”, ponto cav. 27.

O ponto cav. 28 (Coordenadas Sirgas 2000 24 S - 272307 E / 9599427 N) representado por abrigos de 1 metro de largura por 0,5 m de altura e profundidade não observada, cuja aparência é de contínua no maciço arenítico (Figura 2.2.2.9-40).



Figura 2.2.2.9-40 - Cav. 28 mostrando abrigos na base dos blocos areníticos formado por fraturas de alívio.

O ponto cav. 29 (Coordenadas Sirgas 24 S - 271806 E / 9594575 N) é representado por corpos tabulares de arenito grosso com níveis conglomeráticos e sets de fraturas ortogonais formando pequeno abrigo de 0,4 m de altura por 3 m de comprimento de 3 m de profundidade (Figura 2.2.2.9-41).



Figura 2.2.2.9-41 - Ponto cav. 29 representado por um lajedo arenítico formando pequeno abrigo.

O ponto cav. 30 (Coordenadas Sirgas 2000 24 S - 271825 E / 9594575 N) é caracterizado por arenito grosso e sets ortogonais de fraturas mostrando um paredão de 15 metros de altura com pequenos abrigos no topo de aproximadamente 1 metro de altura de 4 metros de largura onde não foi possível inferir a profundidade devido a inacessibilidade dos mesmos (Figura 2.2.2.9-42).



Figura 2.2.2.9-42 - Cav. 30 mostrando um paredão de 15 metros de altura de arenito consolidado com pequenos abrigos no topo.

Ponto cav. 31 (Coordenadas Sirgas 2000 24 S - 271866 E / 9594660 N) caracterizado por corpos de arenito grosso tabular apresentando sets de fraturas ortogonais formando pequenos abrigos na base de aproximadamente 2 metros de altura por 4 metros de comprimento de 3 metros de profundidade na parte mais basal (Figura 2.2.2.9-43).



Figura 2.2.2.9-43 - Ponto cav. 31 representado por pequenos abrigos na base do maciço arenítico.

O ponto cav. 32 (Coordenadas Sirgas 2000 24 S - 271921 E / 9594806 N) é caracterizado por um arenito grosso formando corpos tabulares com níveis conglomeráticos cuja base é composta por um solo silto-arenoso. O nível de base foi arrasado por processo de intemperismo e erosão revelando frentes de arenito maciço com fendas centimétricas formadas em fraturas (Figura 2.2.2.9-44).



Figura 2.2.2.9-44 - Ponto Cav. 32 mostrando um forte rebaixamento do nível de base expondo um pequeno plateau arenítico com fendas em fraturas fortemente dissecadas.

O ponto cav. 33 (Coordenadas Sirgas 2000 24 S - 268456 E / 9605633 N) é representado um paredão de arenito maciço formando um abrigo na base de 30 m de comprimento por 3 m de altura e 6 m de profundidade apresentando percolação de água em meio as fraturas (Figura 2.2.2.9-45). No topo da sequência arenítica observam-se abrigos horizontais de no máximo 1 metro de altura cujo comprimento segue o mesmo do paredão arenítico (Figura 2.2.2.9-46).



Figura 2.2.2.9-45 - Brigo formado na base do paredão arenítico representativo do ponto Cav. 33.



Figura 2.2.2.9-46 - Ponto cav. 33 mostrando os pequenos abrigos no topo da sequência arenítica.

Travessia da LT na Serra da Ibiapaba na A3.

A LT 500 kV atravessa a Serra da Ibiapaba em um dos seus pontos menos escarpados, onde a ruptura de relevo existente entre o planalto de Ibiapaba e o vale de Quatiguaba se dá por meio de uma ombreira recoberta por depósito de tálus. O ponto de campo 561 (Coordenadas Sirgas 2000 24 S - 272499 E / 9597908 N) está localizado na escarpa desta serra. A **Figura 2.2.2.9-47** ilustra o vale entalhado logo abaixo do local do ponto. A partir deste ponto, bordejando o topo do vale, afloram rochas sedimentares que se intercalam entre arenitos e conglomerados, nos quais o acesso é restrito devido à alta declividade.



Figura 2.2.2.9-47 - Vale inciso.

Na escarpa observa-se um grande pacote de conglomerado maciço intercalado com níveis decimétricos de arenito com estratificação cruzada tabular (**Figura 2.2.2.9-48**). O conglomerado possui matriz composta por areia grossa, com seixos mal selecionados angulosos e chegam a no máximo 5 cm.



Figura 2.2.2.9-48 - Conglomerado intercalado com pacotes de arenito com estratificação cruzada.

Três direções de fraturas são observadas ao longo de toda a escarpa (**Figura 2.2.2.9-49**). Uma das direções é paralela ao S_0 , outra (a mais proeminente e persistente) é vertical, e a terceira é responsável pelo próprio paredão. Todos os *sets* são ortogonais entre si.

1. O primeiro *set* de fratura não é muito visível e quando o mesmo aparece, aparece com fraturas sem persistência e com uma abertura de no máximo alguns decímetros.
2. O segundo *set* de fratura (vertical) apresenta às vezes uma persistência de métrica, com material de preenchimento sendo raízes de árvores e material terroso.
3. O terceiro *set* é responsável pelo próprio paredão encontrado, fazendo com que os blocos se descolem do paredão. Há material de preenchimento.



Figura 2.2.2.9-49 - Conjunto de fraturas em três direções ortogonais entre si.

Nas junções dos três *sets* de fraturas ocorre o desenvolvimento de pequenas fendas com abertura máxima em torno de 4 metros em seu maior eixo (altura) e largura de aproximadamente 20 centímetros (**Figura 2.2.2.9-50**). Todas as pequenas fendas observadas se desenvolvem a partir desse conjunto de fraturas, sendo que neste ponto as mesmas aparentam ser rasas. Raramente ocorrem fendas que aparentam ter maior profundidade.



Figura 2.2.2.9-50 - Ocorrência de pequenas fendas que se desenvolvem aproveitando o faturamento das rochas. A altura do paredão no local do ponto é de aproximadamente 30 metros.

A vegetação no local é praticamente intacta, sendo modificada pelo homem apenas para trilhas. No vale abaixo deste ponto ocorre uma grande quantidade de blocos rolados, marcando um depósito de tálus que se estende por todo o vale.

O ponto de campo 861 (Coordenadas Sirgas 2000 24 S - 272839 E / 9598470 N) é representado por um segmento na lateral da mesma escarpa do ponto anterior. Diferentemente do ponto 561, este ponto se encontra em uma região menos íngreme da escarpa e não apresenta o paredão rochoso. Neste local é possível observar um depósito de tálus, afastado da crista do morro (Figura 2.2.2.9-51).



Figura 2.2.2.9-51 - Depósito de tálus.

Alguns blocos de dimensões decamétricas são encontrados em meio à vegetação. Os blocos apresentam os mesmos conjuntos de fratura, entretanto as mesmas não são tão abertas nem persistentes como o set 2 do ponto anterior.

O ponto de campo 562 (Coordenadas Sirgas 2000 24 s - 272450 E / 9598251 N) localiza-se na mesma escarpa do ponto 561 de coordenadas Sirgas 2000 24 S - 272499 E / 9597908 N localizado a poucos metros de distância (~300 m). O contexto geológico é o mesmo, no qual afloram conglomerados maciços, intercalados a arenitos com estratificação cruzada tabular. Este ponto está localizado a poucos metros do leito seco de uma drenagem formada pela mesma litologia (Figura 2.2.2.9-52).



Figura 2.2.2.9-52 - Leito seco formado por blocos de arenito e conglomerado, no qual pequenas fraturas são observadas entre os blocos, com aberturas irregulares e largura máxima de 30 cm.

No paredão localizado neste ponto observam-se fraturas em meio ao maciço rochoso (Figura 2.2.2.9-53). A principal fratura neste ponto (maior) possui abertura irregular, com 50 centímetros de largura e aproximadamente 60 de altura, sendo pouco profunda.

A4: Região limitada a partir de dados secundários do CECAV. Próximo à localidade de Lambedouro, no Município de Viçosa do Ceará. Região de baixada onde aflora embasamento cristalino, quartzitos encontram-se em alto estágio intempérico, e as rochas carbonáticas associadas à essa unidade não afloram na região de inserção da AE (Figura 2.2.2.9-53).

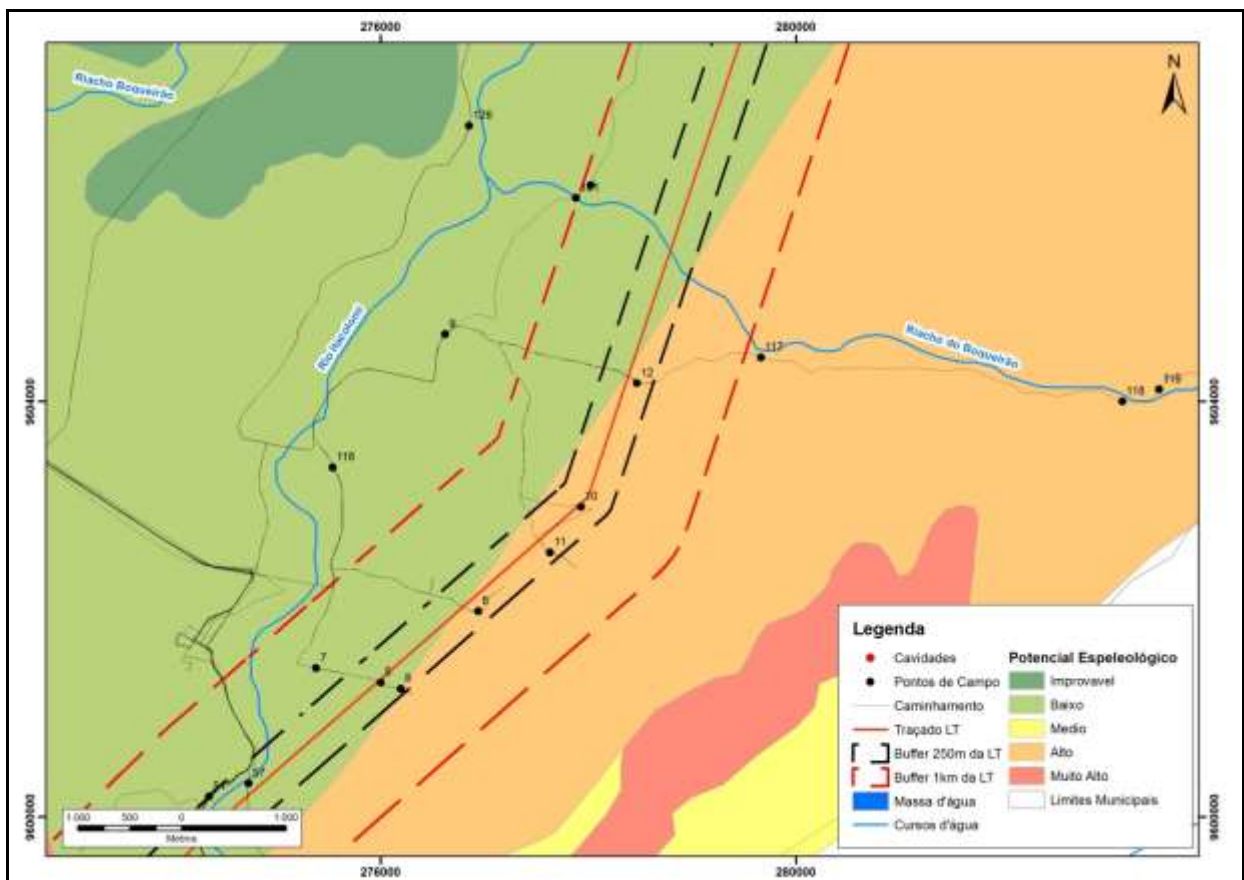


Figura 2.2.2.9-53 - Localização da Área de Prospecção Espeleológica A4

Na A4, em campo, não foi observado potencial para existência de estruturas espeleológicas nesse trecho. O afloramento em lajedo de estrada de terra de quartzito estirado, bastante degradado pela ação intempérica, que pode ser observado na **Figura 2.2.2.9-54** caracteriza a litologia dessa região.



Figura 2.2.2.9-54 - Afloramento em lajedo de quartzito.

A5: Retirada do mapa de potencial espeleológico do CECAV, situa-se na borda Sul da Serra de Dom Simão. Foram avistadas duas cavidades nessa área distantes cerca de 300 metros da LT. No topo afloram quartzitos da Fm. São Joaquim, e na baixada, os migmatitos do Complexo Granja. A diretriz da LT encontra-se em posição limítrofe a norte para a distância segura das áreas mapeadas como de alto potencial espeleológico, conforme pode ser observado na **Figura 2.2.2.9-55**.

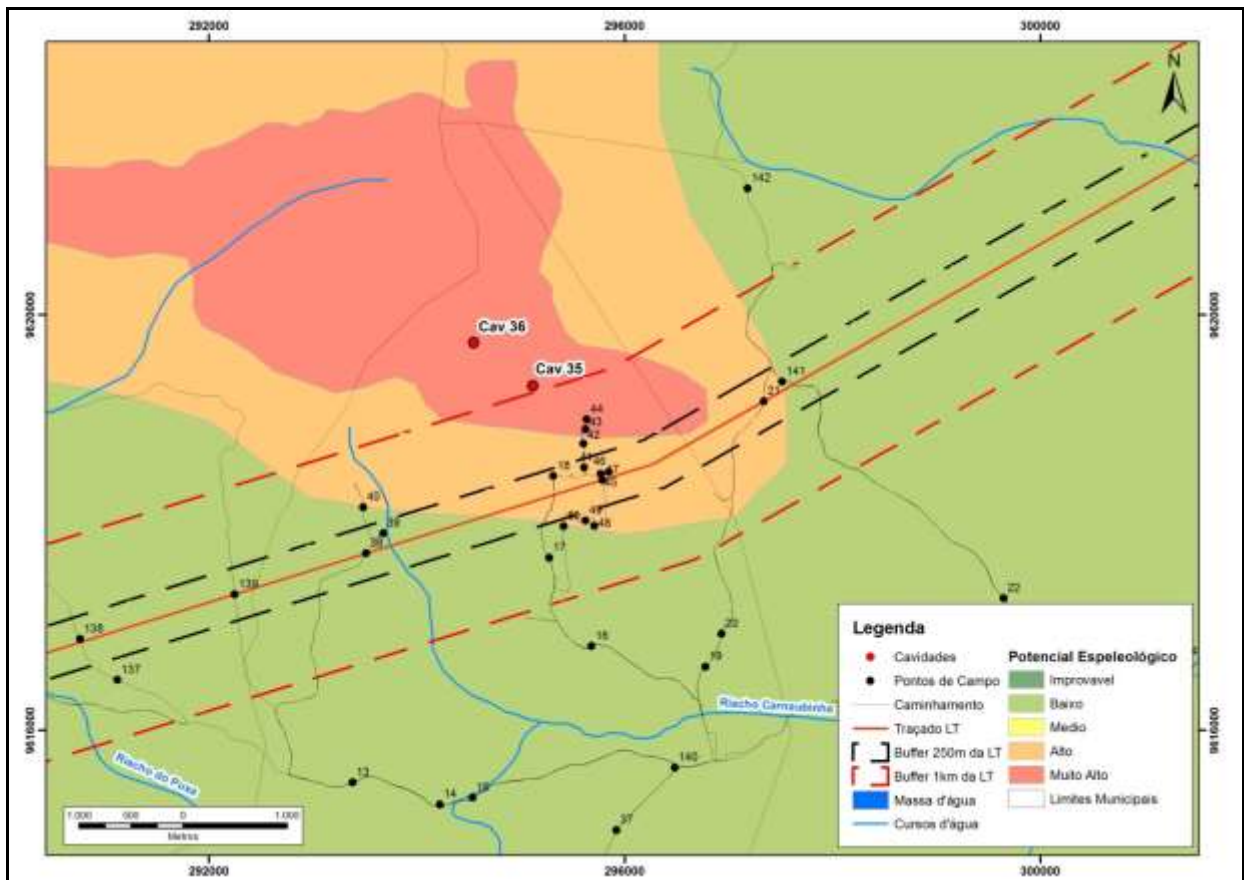


Figura 2.2.2.9-55 - Localização da Área de Prospecção Espeleológica A5

Em campo, nesta área, foram avistadas remotamente cavernas na serra oposta da visada a mais de 1 km de distância da LT. Suas coordenadas aproximadas foram plotadas manualmente utilizando as coordenadas aproximadas obtidas por meio análise e localização em carta topográfica (Figura 2.2.2.9-56 e Figura 2.2.2.9-57).



Figura 2.2.2.9-56 - Cav 35. Escarpa observada na encosta com presença de abrigos.



Figura 2.2.2.9-57 - Cav 36. Afloramento na encosta com a presença de fraturas ortogonais que, dissecadas, formam tetos e abrigos.

Além disso, uma pequena escavação de drenagem atualmente seca foi identificada na área de estudo, com significativa camada de solo sobre rochas bastante alteradas (**Figura 2.2.2.9-58**). (Coordenadas SIRGAS 2000 295785 E / 9618410 N).



Figura 2.2.2.9-58 - Canal de drenagem seco observado na área de estudo.

Foi identificado pequeno afloramento em lajedo, caracterizado por rochas gnáissicas milonitizadas a migmatizadas. Camada de solo significativa formada quase totalmente por restos de plantas sobre rochas bastante alteradas (Coordenadas SIRGAS 2000 24S 295623 E / 9618019 N). Os aspectos observados em campo permitiram classificar como baixo o potencial para ocorrência de cavidades nas adjacências desse ponto (**Figura 2.2.2.9-59**).



Figura 2.2.2.9-59 - Afloramento gnáissico em lajedo.

A6: Definida a partir do mapa de potencial espeleológico desenvolvido pelo CECAV. Inclui os serrotes da Gameleira e da Gurgueia. O potencial dessa localidade foi classificado pelo CECAV como Muito Alto, contudo, em campo observou-se que os quartzitos aflorantes apresentam avançado grau de intemperismo e fraturamento intenso, levando a formação de amplas planícies de solos areníticos, intercalados com solos mais argíliticos em relevos suaves ondulados. Tais características configuram um potencial espeleológico alto a baixo. A morfologia dos serrotes também é um indicativo do potencial reduzido da A6. A linha encontra-se em posição limítrofe a Sudeste para a distância segura das áreas mapeadas como de alto potencial espeleológico da Serra da Goiania, conforme pode ser observado na **Figura 2.2.2.9-60**.

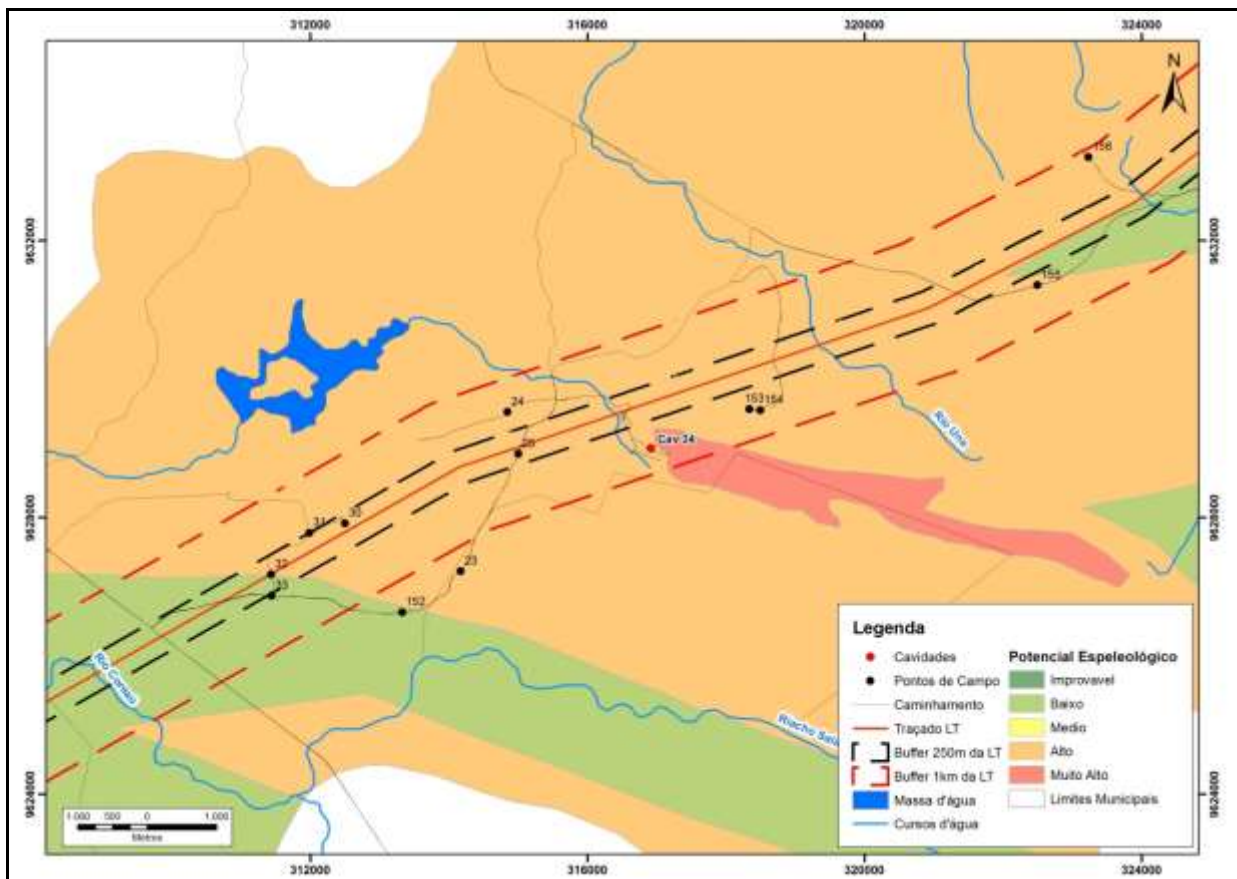


Figura 2.2.2.9-60 - Localização da Área de Prospecção Espeleológica A6

Nesta região, a morfologia de relevo caracteriza-se como majoritariamente plano sobre solos francamente areníticos com baixa possibilidade para formação de cavidades (áreas de baixo potencial). (Figura 2.2.2.9-61).



Figura 2.2.2.9-61 - Aspecto do relevo na área de estudo.

Apesar de o relevo ser predominantemente plano nessa área, existem serras isoladas cujo embasamento é composto por quartzitos, o que configura o potencial muito alto associado à A6. Na figura pode-se observar a morfologia de relevo de elevação onde é realizada mineração de rocha ornamental para revestimento na construção civil.



Figura 2.2.2.9-62 - Aspecto do relevo em área de mineração de rocha.

O ponto cav. 34 (Coordenas Sirgas 2000 24 S - 316917 E / 9629000 N) representa uma mina (Vermont Mineração) de extração de rocha ornamental onde em morros testemunhos areníticos observa-se abrigos e fendas formadas no topo da sequência arenítica (Figura 2.2.2.9-63 e Figura 2.2.2.9-64).



Figura 2.2.2.9-63 -Ponto cav. 34 na área da Vermont Mineração mostrando blocos cortados de arenito e morros testemunhos com abrigos de pequenas dimensões no topo e fendas em meio as fraturas dissecadas.



Figura 2.2.2.9-64 - Ponto da cav. 34 com indicação na imagem dos pequenos abrigos observados no topo da sequência areno-quartzítica.

2.2.2.9.7.2 - Mapeamento de Médio e Baixo Potencial

O mapeamento das áreas de médio e baixo potencial ao longo do buffer de 1 km da LT 500 kV Bacabeira - Pecém II, na área de verificação de cavernas (AVC), foi realizado entre os dias 12 e 21 de setembro de 2016. No total foram realizados mais de 500 (quinhentos) pontos de controle dentro da área delimitada para o médio e baixo potencial de ocorrências de cavidades (em mídia digital). Foram realizadas observações de litologia, solo e geomorfologia do local. O caminhamento durante todo campo foi feito ora de carro, ora a pé, nos locais em que era possível o acesso. Além das características geológicas/geomorfológicas, os moradores locais também foram consultados, aproveitando seu conhecimento sobre os aspectos geográficos de sua região. A **Figura 2.2.2.9-65** ilustra o caminhamento realizado sobre o mapa de potencial espeleológico.

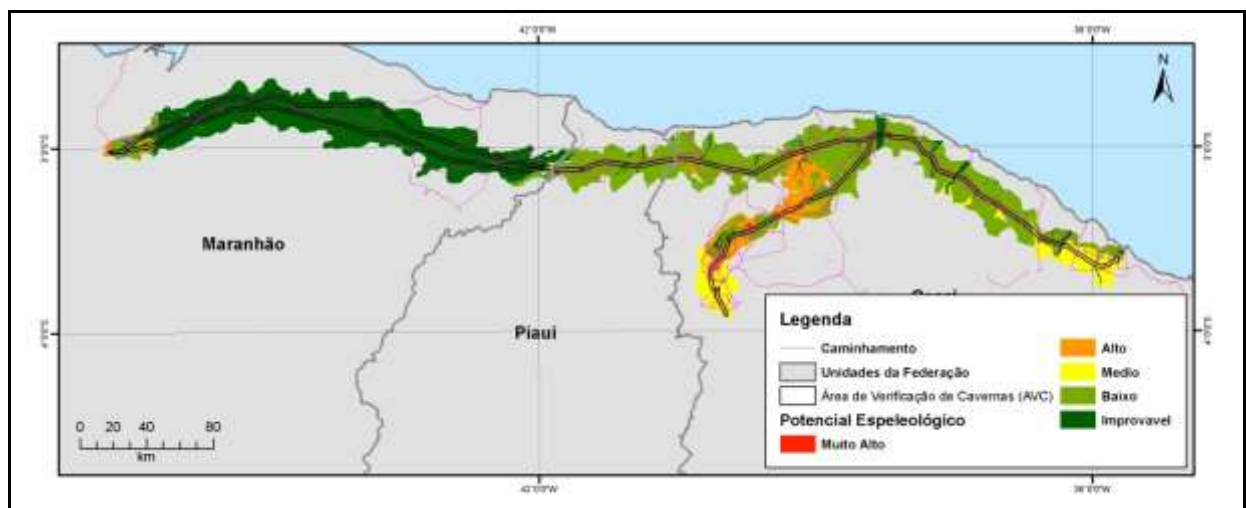


Figura 2.2.2.9-65 - Na figura é possível observar o caminhamento realizado, em rosa, sobre as áreas de potencial médio e baixo de ocorrência de cavidades.

A seguir são apresentados os resultados por trecho da LT 500 kV Bacabeira - Pecém II.

LT 500 kV Parnaíba III - Acaraú III

Trecho entre as cidades de Granja/CE - Chaval/CE

Neste trecho foram feitos vinte e nove pontos de controle por todo o trajeto, em que não foram constatadas grandes variações na geologia e geomorfologia nem identificadas cavidades. O que se observou foi uma ampla região com relevo levemente acidentado, com pequenos morrotes e elevações máximas por volta de 80 metros. A vegetação predominante é a de Caatinga (**Figura**

2.2.2.9-66), sendo também observadas plantações de mandioca e cajueiro ao longo do trajeto. O relevo é sustentado por arenitos e arenitos conglomeráticos, os quais em raros casos apresentavam matriz ferruginosa. Há também a ocorrência de xistos nas áreas mais próximas à cidade de Chaval/CE.



Figura 2.2.2.9-66 - Relevo típico observado no trajeto.

Na região próxima à cidade de Barroquinha ocorrem canais temporários, preenchidos por seixos de arenito conglomerático, arenito e xistos. E que em suas paredes ocorrem escavações oriundas de processos intempéricos de origem física (água) e biológica (raízes), como pode ser observado no ponto 592 (Figura 2.2.2.9-67).



Figura 2.2.2.9-67 - Erosão no solo causada por canais temporários.

TRECHO: Chaval/CE - Cumurupim/PI

O mapeamento deste trecho teve como ponto de partida a cidade de Chaval/CE e foi finalizado próximo a Cumurupim/PI. Os trechos percorridos foram em sua maioria por estradas de propriedades ou estradas das linhas de transmissão de energia que cortavam a área. Nenhuma cavidade foi encontrada ao longo do trajeto, tão pouco foi constatado grande variação na geologia de superfície na região (Figura 2.2.2.9-68).



Figura 2.2.2.9-68 - Vegetação típica da região percorrida ao longo do dia.

Próximo à Chaval/CE, o que se observou foi um relevo aplainado, sustentado por arenitos, metarenitos e arcóseos, em raros casos foram observados seixos de arenito com matriz ferruginosa (Figura 2.2.2.9-69). Ocorrência de milonitos são comuns ao longo dessa região plana, orientados em um trend NE, marcando uma possível zona de cisalhamento na região. Em direção à Cumurupim/PI o relevo já não é tão aplainado, e há a ocorrência de morrotes intercalados com pequenas planícies, porém a geologia é constante.



Figura 2.2.2.9-69 - Seixos de arenito com matriz ferruginosa.

Diversos canais temporários preenchidos por seixos e com paredes que apresentam escavações oriundas de processos intempéricos de origem física (água) e biológica (raízes), também foram observados na região próxima à Chaval/CE.

TRECHO: Parnaíba/PI - Buriti dos Lopes/PI

Este trecho está compreendido entre as cidades de Parnaíba/PI e Buriti dos Lopes/PI. Ao longo do percurso foram feitos trinta e um pontos por todo o trajeto, em que não foram constatadas grandes variações na geologia e geomorfologia, nem observado a existência de cavidades. Durante todo o trajeto o relevo não variou, sendo marcado por uma extensa área aplainada. A vegetação típica de mata de cocais (Figura 2.2.2.9-70).



Figura 2.2.2.9-70 - Relevo e vegetação típicos da região percorrida no dia.

A geologia de superfície do local é basicamente de arenitos (Figura 2.2.2.9-71), ora maciços, ora com estratificações cruzadas acanaladas. Ocorrências pontuais de concreções ferruginosas na forma de seixos também foram observadas. Nos cortes de estrada era possível observar grandes paredes de arenitos inalterados pelo intemperismo, contudo não foi possível detalhar tais litologias, pois as estradas eram estreitas e muito movimentadas.



Figura 2.2.2.9-71 - Arenitos típicos da região.

TRECHO: Buriti dos Lopes/PI- Chaval/CE

Este trecho teve como ponto de partida a cidade de Buriti dos Lopes/PI até as proximidades da cidade de Chaval/CE. Pequenas variações no relevo foram observadas, ora o relevo era completamente aplainado (Figura 2.2.2.9-72), ora intercalava entre planícies e morrotes. O que predomina na região é extensos pacotes de arenitos, intercalados com arcóseos e arenitos conglomeráticos, em algumas regiões é possível observar milonitos, alinhados em um *trend*.



Figura 2.2.2.9-72 - Relevo aplainado característico do trajeto percorrido.

Em nenhum local foi constatado a presença de cavidades, tão pouco de cavernas, apenas foram observados rios temporários, preenchidos com seixos e sem nenhum curso d'água passando no momento.

TRECHO: Chaval/CE-Jijoca de Jericoacoara/CE

O trecho teve como ponto de partida a cidade de Chaval/CE até as proximidades da cidade de Jijoca de Jericoacoara/CE. Foram percorridas áreas de plantações de cajueiros e nos locais que não havia tais plantações o que se observava era vegetação típica de restinga. No trecho próximo à cidade de Granja não foi possível percorrer a área do buffer, pois as estradas eram de fazendas com porteiros fechadas.

Neste trecho foram feitos sessenta e um pontos por todo o trajeto, em que não foram constatadas grandes variações na geologia e geomorfologia. O relevo em geral era aplainado, com raras ocorrências de morrotes (Figura 2.2.2.9-73).



Figura 2.2.2.9-73 - Relevo aplainado observado ao longo de todo o trajeto do dia.

Não foram encontrados afloramentos de rochas para determinar a geologia do local, contudo, o solo da região é predominantemente arenoso, o que indica que a geologia seja semelhante ao que fora encontrado nos dias anteriores (Figura 2.2.2.9-74). Nessa mesma região foi encontrada uma lavra extinta de areia.



Figura 2.2.2.9-74 - Solo predominantemente arenoso, observado ao longo de todo o trajeto do dia.

Em nenhum local foi constatado a presença de cavidades, tão pouco de cavernas, apenas foram observados rios temporários, preenchidos com seixos e sem nenhum curso d'água passando no momento.

TRECHO: Jijoca de Jericoacoara/CE-Cruz/CE

Este trecho teve como ponto de partida a cidade de Jijoca de Jericoacoara e se estendeu até a cidade de Cruz. Ao longo do trecho foram feitos cinquenta e nove pontos por todo o trajeto, sendo que em nenhum desses pontos foi constatado a presença de cavidades e cavernas. O relevo de toda a área é aplainado e o solo do local é predominantemente arenoso (**Figura 2.2.2.9-75**).



Figura 2.2.2.9-75 - Relevo aplainado e solo predominantemente arenoso observado ao longo do dia.

Não foram encontrados afloramentos de rochas para determinar a geologia do local. Apesar da ausência de afloramentos subtende-se que a geologia da região seja semelhante ao que fora encontrado nos trechos anteriores, devido às características do solo e do relevo. Ao longo de todo o dia, extensas áreas de plantação de cajueiro foram percorridas (**Figura 2.2.2.9-76**).



Figura 2.2.2.9-76 - Fazendas de cajueiro observadas ao longo de todo trajeto.

LT 500 kV Acaraú III - Tianguá II

Trecho: Cruz/CE-Uruoca/CE

Este trecho teve como ponto de partida a cidade de Cruz e foi finalizado a sul de Bela Cruz/CE. Próximo à cidade de Cruz/CE o acesso à área foi mais fácil, devido a quantidade de estradas existentes. Próximo a Bela Cruz/CE a quantidade de estradas é escassa, sendo ainda que em sua maioria era estradas de fazendas com porteiros fechadas das quais não tínhamos acesso.

Durante o trajeto foram feitos 46 pontos. Nesta área foi possível observar uma vasta área de fazendas de cajueiros e plantações de mandioca (Figura 2.2.2.9-77). Assim como nos demais trechos da AVC, o relevo do local é aplainado, com solo predominantemente arenoso e sem presença de afloramentos para que a geologia local pudesse ser mais bem caracterizada.



Figura 2.2.2.9-77 - Fazendas com plantações de cajueiro percorridas ao longo de todo dia.

Devido às características do solo e da geomorfologia local, infere-se que a geologia seja semelhante à dos dias anteriores. Assim como nos outros dias, nenhuma cavidade ou caverna foi observada, nem mesmo indícios de potencialidade para o desenvolvimento de tais feições.

LT 500 kV Acaraú III - Pecém II

Trecho: Fortaleza/CE - Proximidades de Caraúbas/CE

Este trecho é recortado por rodovias estaduais a partir da cidade de Fortaleza/CE, como a CE-085 e CE-090 além das estradas de terra que cortavam parte da área abordada. Tais estradas de terra foram localizadas e percorridas. Apesar das estradas de terra serem bem apertadas e por vezes com vegetações no percurso.

Nenhuma cavidade foi encontrada neste trajeto. Durante o mesmo, houve o predomínio do solo arenoso de coloração esbranquiçada, indicando solo de arenitos ou metarenitos. Em muitas estradas de terra, observa-se o predomínio de latossolos vermelhos e cascalhosos (**Figura 2.2.2.9-78**).



Figura 2.2.2.9-78 - Área de ocorrência de latossolo vermelho, marcando os diferentes tipos de solo da região.



Figura 2.2.2.9-79 - Solo extremamente arenoso esbranquiçado.

Quanto à geomorfologia, observamos um relevo sem variações fisiográficas relevantes, contatando-se um intenso aplainamento (Figura 2.2.2.9-80).



Figura 2.2.2.9-80 - Relevos aplainados.

Ao longo deste trecho foram notadas a presença de erosões no solo, em pontos isolados, causando um pequeno rebaixamento local do relevo. Estas feições foram originadas por ação antrópica (Figura 2.2.2.9-81), como a escavação por Draga (relato de moradores locais).



Figura 2.2.2.9-81 - Feições originadas a partir de ação antrópica.

TRECHO: Pecém/CE - São Gonçalo do Amarante/CE

O caminhamento neste trecho foi realizado navegando nas rodovias de grande porte para chegar à AVC delimitada e utilizando estradas de terra, por vezes dentro de propriedades privadas. Neste trecho foi realizado caminhamento espeleológico em uma atividade minerária, contudo, não foram encontradas cavidades e a geologia se mostrou muito parecida com os mapeamentos anteriores, com ressalvas para um afloramento de gnaiss, encontrado em um rio com baixo nível d'água.

Neste trecho também foi identificada uma área de mineração (**Figura 2.2.2.9-82**), cuja litologia era um arenito com pequeno percentual de mica.



Figura 2.2.2.9-82 - Relevo aplainado no entorno da área de extração de areia.

Esta área de estudo foi diagnosticada como uma lavra abandonada mediante informações obtidas a partir de entrevistas com moradores próximos da mina. A litologia é caracterizada por um arenito de coloração branca, seleção muito boa, com aproximadamente 10% de mica (**Figura 2.2.2.9-83**). Vale ressaltar a grande presença de óxido de ferro percolando por grande parte da rocha devido à ação da água meteórica. Tal rocha era extraída para o mercado de pisos, como nome comercial de Pedra São Tomé, muito utilizada em áreas com piscina. Em sua área, podemos observar pilhas de cascalho e pequenas amostras de rochas de aproximadamente 3 a 4 metros de altura espalhadas ao longo da mina, além de blocos de dimensões de aproximadamente 2 x 1,5 x 2 metros.



Figura 2.2.2.9-83 - A foto ilustra a rocha explorada em escala

A geomorfologia neste trecho se apresentava constante, com relevos típico de tabuleiro costeiro (Figura 2.2.2.9-84) e sem canais de drenagem expressivos. Foram observadas apenas pequenas ravinas nos solos, fruto da erosão superficial e não identificados processos de erosão subsuperficial.



Figura 2.2.2.9-84 - Relevo aplainado com extensos campos de plantação de caju.

TRECHO: Paracuru/CE - proximidades de Porão/CE

Neste trecho foram percorridas mais expressivamente as rodovias, como CE-085 e CE-163, pra chegarmos à AVC. Mais uma vez, o mapeamento não mostrou indícios de cavidades. A paisagem nesta área é predominantemente plana (**Figura 2.2.2.9-85**), sem redes de drenagem expressivas, existindo apenas pequenos ravinamentos no solo.



Figura 2.2.2.9-85 - Foto tirada durante o dia mostrando o relevo aplainado.

TRECHO: Cabatam/CE - Almofada/CE

Este trecho do mapeamento se deu entre as cidades de Cabatam/CE e Almofada/CE, onde a equipe procurou percorrer o máximo possível a AVC a procura de feições cársticas.

O alto número de estradas bloqueadas por vegetação dificultou o percurso de mapeamento e não foi possível acessar diversas áreas. Sendo assim, essas áreas ficaram com uma menor densidade de pontos. Nos locais de difícil acesso a equipe procurou perguntar a moradores locais sobre a existência de cavidades no terreno, em que a resposta sempre foi negativa, dada a constatação em campo de relevos suaves e arenosos (**Figura 2.2.2.9-86**).



Figura 2.2.2.9-86 - Foto do referido trecho mostrando o relevo planificado e sem cavidades na área de mapeamento.

Trecho: Arredores de Lagoa Grande/CE e Porteiras/CE

O percurso por esse trecho se deu basicamente em estradas de terras em más condições, onde a vegetação e a quantidade de fazendas com porteiras impediram o acesso a determinadas estradas da área. Quando houve esse impedimento, a equipe utilizou outras entradas para continuar o mapeamento, sendo necessário certas vezes voltar para as estradas de asfalto para se conseguir acessar determinadas partes da área. Em locais em que esse impedimento ocorreu, a equipe procurou perguntar a moradores locais sobre a existência de cavidades no terreno, em que a resposta continuava sendo negativa dada a presença de relevos aplainados (**Figura 2.2.2.9-87**).



Figura 2.2.2.9-87 - Foto referente ao relevo aplainado, observado em diferentes pontos do trecho.

TRECHO: Acaraú/CE - Itarema/CE

O caminhamento neste trecho teve início na cidade de Itarema/CE e foi finalizado nas proximidades de Cruz/CE, cujo objetivo foi percorrer a maior área da AVC de médio e baixo potencial para a ocorrência de cavidades.

O percurso feito pela equipe foi em grande maioria por estradas de terra, em que a vegetação e o alto número de estradas bloqueadas por cerca, mais uma vez eram em sua maioria por estradas de propriedades ou estradas das linhas de transmissão de energia que cortavam a área. Mais uma vez, durante todo o percurso, foram observados relevos aplainados e sem cavidades (**Figura 2.2.2.9-88**).



**Figura 2.2.2.9-88 - Foto ilustrativa do trecho.
Foram observados relevos aplainados e nenhuma cavidade.**

LT 500 kV Bacabeira - Paraníba III C1 e C2

Trecho: Bacabeira/MA - Rosário/MA

Neste trecho a LT atravessa uma paisagem típica de superfície de dissecação litorânea, formada por morros dissecados com topos tabulares, onde a amplitude de relevo é baixa (40 metros), conforme pode ser observado na **Figura 2.2.2.9-89**. Sobre este relevo, nas áreas mapeadas como baixo e médio potencial, não foram observadas cavidades e tampouco os moradores da região tinham qualquer conhecimento à respeito.



Figura 2.2.2.9-89 - Estrada sobre o relevo dissecado tabular próximo à cidade de Bacabeiras.

2.2.2.9.7.3 - Mapeamento das Áreas de Cavernas Lindeiras (ACL)

Por fim, na área de cavernas lindeiras (ACL), com 5000 metros de distância para ambos os lados da diretriz, foram identificadas 13 cavidades. Estas foram levantadas exclusivamente a partir do caminhamento realizado nas áreas de potencial Alto e Muito Alto, e seguem apresentadas no **Quadro 2.2.2.9-3**. A descrição das mesmas foi realizada no item de Mapeamento do trecho de Alto e Muito Alto potencial espeleológico.

Quadro 2.2.2.9-3 - Cavidades identificadas na ACL.

Cavidade	X (E)	Y (N)	Dimensões (L x A x P)	Feição
Cav 4	268753	9590183	Paredão com 10 x 3 x 0,3	Pequenos Abrigos
Cav 19	273249	9596207	1x2 x 1	Pequena caverna
Cav 20	273779	9595989	2 x 10 x 1,5	Abrigos
Cav 21	273998	9596627	10 x 2 x 1	Abrigos e cavidades no chão
Cav 22	273717	9597041	12 x 10 (P das fendas são centimétricas)	Fendas
Cav 23	273985	9596667	15 x 20 x 1	Fendas e abrigos
Cav 24	273154	9596437	5 x 2 x 1	Abrigos
Cav 25	274900	9598020	0,5 x 0,2 x (grande profundidade)	Fendas e pequenos abrigos
Cav 29	271806	9594575	0,4 x 3 x 3	Abrigos
Cav 30	271825	9594542	1 x 4 x P (não observada)	Abrigos
Cav 31	271866	9594660	4 x 2 x 3	Abrigo
Cav 32	271921	9594806	Fendas centimétricas	Fendas
Cav 33	268456	9605633	30 x 3 x 6	Abrigo
Cav 35	295257	9619188	Cavidade inferida	Abrigos
Cav 36	294547	9619731	Cavidade inferida	Tetos e Abrigos

Nota: A cav.4 está na área A2, a Cav.35 e a Cav.36 estão na A5 e as demais na área A3. Coordenadas UTM Sirgas2000, Zona 24S.

O Quadro 2.2.2.9-4 exibe as cavidades existentes na base do CECAV que, apesar de estarem fora das áreas de estudo de espeleologia do presente projeto, encontram-se nos municípios atravessados pelo empreendimento, o que salienta relevância de apresentação das mesmas.

Quadro 2.2.2.9-4 - Cavidades identificadas fora das áreas de estudo de espeleologia, porém dentro dos municípios interceptados pela LT 500 kV Bacabeira - Pecém II.

Ítem	Código CECAV	Nome	Município	Latitude	Longitude	Litologia
1	CECAV_CE_0058	Furna de Araticum	Tianguá	-3,803206	-41,000648	Calcário
2	CECAV_CE_0060	Furna das Pipocas	Ubajara	-3,833366	-40,899103	Calcário
3	CECAV_CE_0062	Furna do Acaso	Ubajara	-3,832973	-40,892801	Calcário
4	CECAV_CE_0065	Gruta de Cima	Ubajara	-3,837022	-40,901407	Calcário
5	CECAV_CE_0067	Gruta de Ubajara	Ubajara	-3,831611	-40,898599	Calcário
6	CECAV_CE_0070	Gruta do Pendurado	Ubajara	-3,834518	-40,893092	Calcário
7	CECAV_CE_0071	Gruta do Urso Fóssil	Ubajara	-3,833064	-40,892396	Calcário
8	CECAV_CE_0061	Furna do Araticum 2	Ubajara	-3,803196	-40,877167	Calcário
9	CECAV_CE_0063	Gruta das Aranhas	Ubajara	-3,832793	-40,892215	Calcário
10	CECAV_CE_0068	Gruta do Macaco Fóssil	Ubajara	-3,829426	-40,90193	Calcário
11	CECAV_CE_0069	Gruta do Morcego Branco	Ubajara	-3,802738	-40,878886	Calcário
12	CECAV_CE_0072	Gruta dos Mocós	Ubajara	-3,802738	-40,878886	Calcário
13	CECAV_CE_0073	Gruta da Pedra Branca	Viçosa do Ceará	-3,544058	-41,08706	Arenito

Nota: Coordenadas GCS Sirgas2000.

2.2.2.9.8 - Considerações Finais

A integração dos dados coletados mostrou que os municípios de Viçosa do Ceará, Tianguá, Moraújo, e Granja são onde ocorrem os maiores potenciais de ocorrência de cavidades ao longo da AE do empreendimento.

Os Mecanismos de desenvolvimento das cavidades locais podem ser descritos à luz dos modelos de desenvolvimento de cavernas em rochas silicosas propostos, por exemplo, por Urbani (1977), Martini (1984), Karmman (1986), Hardt (2009) e Martini (2000), pode sugerir os seguintes episódios para explicar a existência das cavernas observadas em campo:

- 1) fraturamento tectônico da rocha;
- 2) soerguimento com o desenvolvimento do relevo;
- 3) alterações do nível do lençol de águas freáticas;
- 4) ataque geoquímico, com corrosão química das rochas por águas meteóricas ácidas - nesse estágio parte do cimento silicoso da rocha é dissolvido deixando a rocha fica friável (arenitização);
- 5) erosão da rocha friável por fluxo conduzido em fraturas (*piping*: carreamento dos grãos por pressão hidráulica sobre conduto fraturado);
- 6) abertura de galerias e salões por erosão de partículas da rocha por drenagem em condições vadasas;
- 7) exposição dos condutos e galerias em ambiente vadoso com expansão dos espaços por ação gravitacional e escavação fluvial;
- 8) flutuações do nível freático com ação conjunta fluvial a gravitacional, acompanhada de avanço de precipitação mineral e revestimento seletivo dos espaços internos da caverna.

Estes processos, em conjunto ou isoladamente, são descritos como pseudo-cársticos e são capazes de gerar uma diversidade de paisagens envolvendo vários tipos rochosos solúveis e insolúveis, dentre eles os arenitos (HARDT *et al.*, 2009; FREIRE e LIMA, 2012).

O gradiente hidráulico e as zonas preferenciais de percolação de água (planos de falhas/fraturas, acamamento, estratificação plano-paralela/cruzada, etc.), onde se desenvolvem possíveis fenômenos de dissolução da sílica intergranular de baixa cristalinidade por reações de hidratação, como citado por KARMANN, 1986, representam os agentes fundamentais para o desencadeamento inicial do processo de evolução das cavernas em rochas areníticas e/ou demais feições do relevo cárstico (HARDT, 2003), sendo a área de estudo da LT 500 kV Bacabeira -

Pecém II, um exemplo de relevo exaurido durante processos de intemperismo e erosão que se instalaram durante o Holoceno, ou período de intenso retrabalhamento litorâneo durante a dinâmica dos processos de transgressão e regressão marinha, justificada por grandes áreas arenosas adentradas no continente. Este modelo geodinâmico corrobora para a inexistência de feições superficiais típicas da morfologia cárstica, mas não descarta a possibilidade de tais feições em subsuperfície.

Conclui-se que as cavernas observadas na Serra da Ibiapaba são provavelmente formadas pela ação inicial de dissolução do cimento dos arenitos (arenitização ou decimentação), seguida da ação erosiva de fluxo hidráulico canalizado em fraturas. No trecho em que a LT atravessa a serra foram identificadas fraturas no maciço, mas não foram observadas cavidades.

No total, foram mapeadas 36 cavidades ao longo do empreendimento nas áreas de alto e muito alto potencial espeleológico, sendo 15 na ACL, 21 na AVC e nenhuma na APE. As mesmas seguem apresentadas no **Quadro 2.2.2.9-5**. O fato de nenhuma cavidade ter sido identificada na APE se deu a partir do esforço em buscar áreas com um menor potencial de ocorrência de cavidades ao longo da Serra da Ibiapaba. Trechos onde o maciço se apresentava menos fraturado, onde a escarpa possuía uma menor amplitude e os locais recobertos por solos residuais foram procurados para aperfeiçoar o traçado da LT, minimizando ao máximo as interferências do empreendimento sobre o patrimônio espeleológico.

Quadro 2.2.2.9-5 - Cavidades identificadas em campo ao longo do empreendimento nas áreas de alto e muito alto potencial espeleológico

Cavidade	Distância (m)	Dimensões (L x A x P)	Feição
Cav 1	278,1	2 x 0,5 x 1	Abrigo
Cav 2	471,34	6 x 1 x 0,5	Abrigo
Cav 3	306,6	Paredão com 15 x 30 x 5 (P variada)	Fendas
Cav 4	1240,06	Paredão com 10 x 3 x 0,3	Pequenos Abrigos
Cav 5	361,79	Abrigos com 1 x 3 x 2 (P variada)	Fendas e abrigos
Cav 6	276,83	10 x 5 x 3	Abrigo
Cav 7	341,39	10 x 5 x 2	Abrigo
Cav 8	367,71	20 x 10 x 8	Abrigo
Cav 9	400,7	10 x 15 x 2	Abrigo
Cav 10	462,44	10 x 3 x 2	Abrigo
Cav 11	603,38	3 x 0,5 x 1,5	Abrigo
Cav 12	620,43	15 x 20 x 2	Abrigo
Cav 13	698,2	3 x 5 x 1	Fendas e Abrigos
Cav 14	371,43	0,20 x 0,80 x 0,50 (P variada)	Abrigos formados por blocos rolados
Cav 15	1035,36	3 x 2,5 x 3	Abrigo
Cav 16	964,04	0,5 x 15 x 0,5	Fendas
Cav 17	277,54	0,5 x 1 x 0,5	Fendas

Cavidade	Distância (m)	Dimensões (L x A x P)	Feição
Cav 18	579,95	2,5 x 10 x 2	Abrigos
Cav 19	1754,83	1 x 2 x 1	Pequena caverna
Cav 20	2323,15	2 x 10 x 1,5	Abrigos
Cav 21	2053,18	10 x 2 x 1	Abrigos e cavidades no chão
Cav 22	1560,88	12 x 10 (P das fendas são centimétricas)	Fendas
Cav 23	2015,53	15 x 20 x 1	Fendas e abrigos
Cav 24	1558,22	5 x 2 x 1	Abrigos
Cav 25	1690,76	0,5 x 0,2 x (grande profundidade)	Fendas e pequenos abrigos
Cav 26	850,54	7,5 x 3,5 x 5	Caverna
Cav 27	1019,56	5 x 2 x 2	Abrigo
Cav 28	1129,66	1 x 0,5 x P	Abrigos
Cav 29	1311,87	0,4 x 3 x 3	Abrigos
Cav 30	1344,74	1 x 4 x P (não observada)	Abrigos
Cav 31	1321,78	4 x 2 x 3	Abrigo
Cav 32	1297,09	Fendas centimétricas	Fendas
Cav 33	8256,37	30 x 3 x 6	Abrigo
Cav 34	633,27	1 metro aproximadamente (inferido)	Pequenos abrigos
Cav 35	1098,78	Cavidade inferida	Abrigos
Cav 36	1628,29	Cavidade inferida	Tetos e Abrigos

No trecho de médio e baixo potencial da AVC, os dados obtidos por meio do levantamento de campo revelaram que a área de estudo espeleológico indica a inexistência de cavidades, haja vista a morfologia de relevos planos, arenosos, exemplificando um relevo típico da margem litorânea brasileira. O amplo ciclo de aplainamento e remodelamento topográfico que se estabeleceu no Pleistoceno, com a implantação dos principais canais de escoamento e entalhe mais profundo pelas drenagens impostas por severas variações climáticas, seguramente constituem o fator preponderante para a inexistência das feições pseudocársticas na AVC.

Sendo assim, o presente estudo mostrou que cavidades de relevância podem ocorrer em outras litologias não carbonáticas, como nos antigos arenitos Silurianos associados ao Grupo Serra Grande, observados na região de Viçosa do Ceará. Os sedimentos dessa unidade foram gerados em ambientes flúvio-marinhos rasos, atualmente encontram-se soerguidos em morfologias do tipo escarpa, onde cavidades foram identificadas em campo, e devidamente registradas.

Vale pontuar que, de forma abrangente, os impactos sobre o patrimônio espeleológico decorrentes da construção e da operação de Linhas de Transmissão de Energia, independentemente da tensão a estas associadas, são considerados pouco significativos, principalmente se comparados aos outros empreendimentos como, por exemplo, mineração.

Os impactos, caso existam, poderão ser em decorrência das ações necessárias à instalação das LTs que envolvam ações como a movimentação de veículos pesados, terraplanagem e supressão da vegetação. Tais atividades costumam ocorrer durante a instalação das torres e praças, melhoria ou abertura de acessos e implantação ou ampliação de subestações de energia. Essas ações podem alterar a biota local e o fluxo de sedimentos naturais que ocorrem nas proximidades de cavernas, como também atributos socioculturais associados às cavernas.

Por fim, cabe destacar que após a conclusão da prospecção espeleológica nas áreas de alto e muito alto potencial, houve alteração de traçado da LT 500 kV Bacabeira-Pecem II de modo a cumprir o determinado na legislação aplicável ao tema, podendo-se concluir que o potencial de impacto decorrente da implantação da Linha de Transmissão é baixo. A **Figura 2.2.2.9-90** e a **Figura 2.2.2.9-91** ilustram os dois trechos em que houve a alteração do traçado. Entretanto, visando garantir o princípio da prevenção, recomenda-se o monitoramento espeleológico do trecho LT Acaraú-Tianguá, entre os vértices 16 a 19, durante a etapa de obras e para tal será desenvolvido o programa de monitoramento do patrimônio espeleológico.

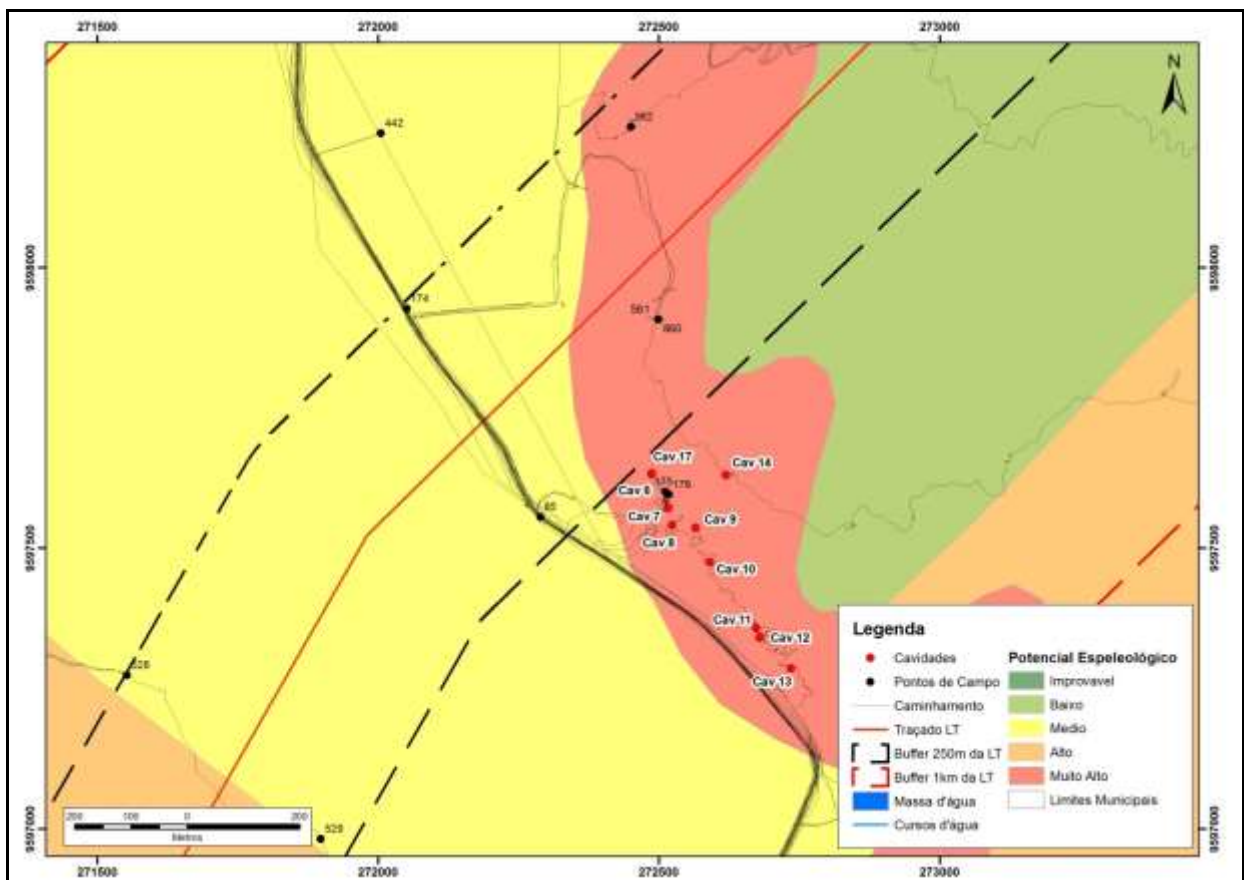


Figura 2.2.2.9-90 - Detalhe da passagem da LT pela Serra da Ibiapaba, onde houve desvio do traçado.

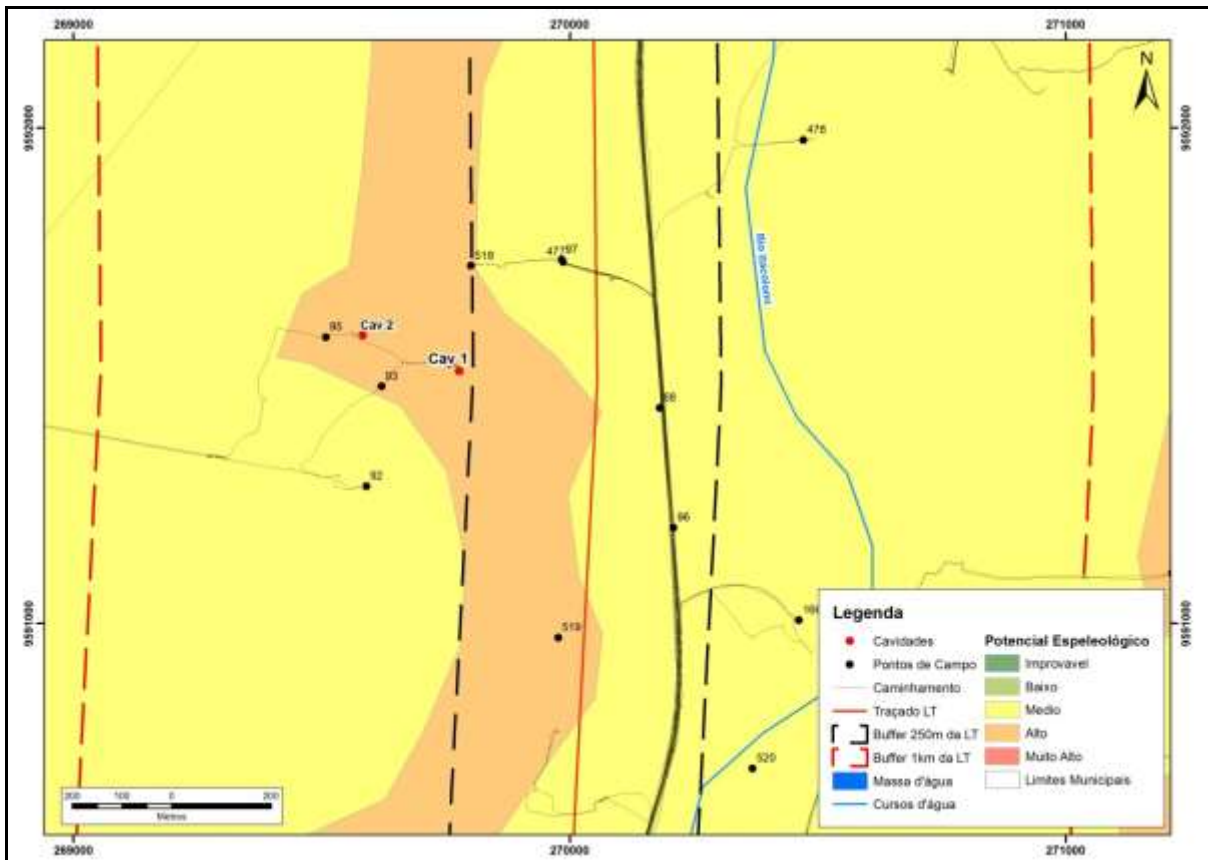


Figura 2.2.2.9-91 - Detalhe do segundo ponto onde houve o desvio do traçado da LT em função do ponto Cav1