

AVALIAÇÃO DE IMPACTO AMBIENTAL

CAVIDADES NATURAIS SUBTERRÂNEAS

ITA_0002 E ITA_0003

**SUPRESSÃO VEGETAL EMERGENCIAL: BARRAGEM DO QUINZINHO,
LINHA DE DISTRIBUIÇÃO 69KV E CONDOMÍNIO VILA TÉCNICA**

VALE S.A.

ITABIRA – MINAS GERAIS

OUTUBRO – 2025

EMPRESA RESPONSÁVEL PELA EXECUÇÃO



Ativo Ambiental Ltda.

CNPJ: 12.350.182/0001-00

Website: www.ativoambiental.com.br

ENDEREÇO

Avenida do Contorno, 2090 – Floresta. CEP: 30110-012

Belo Horizonte, MG.

Tel: (31)3481-3335

E-mail: leandro@ativoambiental.com.br / flavia@ativoambiental.com.br

REPRESENTANTE CONTRATADA

Geógrafo Leandro M. Duarte Maciel – CREA 126866 D

EMPRESA RESPONSÁVEL PELO EMPREENDIMENTO



CNPJ: 33.592.510/0007-40

ENDEREÇO

Mina de Águas Claras

Av. de Ligação 3080, prédio 1, 1º andar – Águas Claras. CEP 34000-000

Nova Lima, MG

Tel: (31)3481-3335

FISCAL DO PROJETO/SOLICITANTE

Gustavo Perroni

Equipe técnica	Formação	Função
Leandro Maciel	Geógrafo / CREA 126866-D	Coordenação geral
Juliana Macaron	Bióloga / CRBio 70722/04-D	Gerente de projetos/Coordenadora
Bruno Daniel Lenhare	Geólogo / CREA 34608MG	Elaboração do relatório
Laís Furtado Oliveira	Bióloga CRBio / 123845/04-D	Elaboração do relatório

SUMÁRIO

1	APRESENTAÇÃO.....	1
2	INTRODUÇÃO	1
3	CONTEXTUALIZAÇÃO LEGAL DAS PRINCIPAIS NORMAS VIGENTES.....	2
4	ÁREA DE ESTUDO	7
4.1	CONTEXTO GEOLÓGICO-GEOMORFOLÓGICO.....	9
4.2	HIDROGRAFIA	13
4.3	CLIMA	15
4.4	VEGETAÇÃO DE ENTORNO	15
5	CARACTERIZAÇÃO DO EMPREENDIMENTO.....	17
6	PATRIMÔNIO ESPELEOLÓGICO LOCAL	18
6.1	POTENCIAL ESPELEOLÓGICO.....	19
6.2	DESCRIÇÃO DAS CAVIDADES.....	21
6.2.1	CAVIDADE ITA_0002	21
6.2.2	CAVIDADE ITA_0003	22
7	MATERIAIS E MÉTODOS	23
7.1	PROCEDIMENTOS DE AVALIAÇÃO DOS IMPACTOS.....	23
7.1.1	INDICADORES DE VALORAÇÃO	25
8	RESULTADOS	28
8.1	CADEIA DE CAUSA E EFEITO	28
8.2	RELAÇÃO DO EMPREENDIMENTO COM O PATRIMÔNIO ESPELEOLÓGICO	30
8.3	CLASSIFICAÇÃO E VALORAÇÃO DOS IMPACTOS LEVANTADOS.....	34
8.3.1	MEIO FÍSICO.....	34
8.3.2	MEIO BIÓTICO	34
8.3.2.1	REDUÇÃO TEMPORÁRIA DE RECURSOS NO ENTORNO DAS CAVIDADES.....	34
8.3.2.2	AFUGENTAMENTO DA FAUNA E DIMINUIÇÃO DA DIVERSIDADE DE ESPÉCIES.....	35
9	PROGRAMAS DE CONTROLE AMBIENTAL	36
9.1	PROGRAMA DE CONTROLE DE SUPRESSÃO VEGETAL	37

9.2	PROGRAMA DE CONTROLE DE RUÍDO/VIBRAÇÃO	37
9.3	PROGRAMA DE GERENCIAMENTO DE RESÍDUOS E MANEJO DE BIOMASSA	38
9.4	GESTÃO ESPELEOLÓGICA	38
10	MATRIZ CONSOLIDADA DE IMPACTOS AMBIENTAIS	40
11	CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES	42
12	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	43
13	ANEXOS	46

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Informações espeleométricas das cavidades objeto deste estudo.	19
Tabela 2. Critérios e conceitos aplicados na classificação dos impactos ambientais sobre o patrimônio espeleológico.....	26
Tabela 3. Matriz de avaliação de impactos sobre o patrimônio espeleológico	27
Tabela 4: Tabela de atividades, aspectos, impactos potenciais identificados e medidas mitigadoras...29	
Tabela 5: Programas de mitigação aplicáveis em relação as atividades identificadas no projeto.	30
Tabela 6: Classificação do impacto na área de influência espeleológica inicial (AIEI).	33
Tabela 7: Avaliação do impacto “Redução temporária de abrigo no entorno das cavidades-habitats” Cavidades ITA_0002 e ITA_0003	35
Tabela 8: Avaliação do impacto “Afugentamento da fauna e diminuição da diversidade de espécies” Cavidades ITA_0002 e ITA_0003	36
Tabela 9: Matriz consolidada da avaliação de impactos ambientais.....	41

LISTA DE MAPAS

Mapa 1: Localização das cavidades estudadas, da Área Diretamente Afetada (ADA) e principais vias de acesso.	8
Mapa 2: Mapa geológico da região com a localização das cavidades na área de estudo.	12
Mapa 3: Mapa da hidrografia da região de estudo.	14
Mapa 4: Mapa de uso do solo e cobertura vegetal da área de estudo (MAPBIOMAS, 2022).	16
Mapa 5: Mapa da ADA (linha de transmissão) e faixa de 250 m ao seu redor (AID), apresentando o potencial espeleológico e as cavidades identificadas na AID.....	20

Mapa 6: Áreas antropizadas na área de entorno de 250m das cavidades.....	31
Mapa 7: Distância das cavidades em relação a ADA.	32

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Mapa geológico simplificado do QFe (Endo et al. 2019a). O polígono preto mostra a localização aproximada da área de estudo.	10
Figura 2: Coluna estratigráfica regional (Endo et al. 2019b).	11
Figura 3: Classificação de Köppen aplicada ao território brasileiro, com destaque para a área de estudo.	15
Figura 4: (A) Entrada da cavidade ITA_0002. (B) Vista para o interior da cavidade. (C) Arcabouço rochoso em que a cavidade está inserida e (D) Cortinas centimétricas (ATIVO AMBIENTAL, 2022).	22
Figura 5: (A) Entrada da cavidade ITA_0003. (B) Vista para o interior da cavidade. (C) Coraloides milimétricos no teto da cavidade (ATIVO AMBIENTAL, 2022).	23
Figura 6: Sequência de etapas realizadas no processo de avaliação dos impactos sobre o patrimônio espeleológico.	24

1 APRESENTAÇÃO

O presente relatório técnico tem por finalidade apresentar a Avaliação de Impacto Ambiental (AIA) sobre o patrimônio espeleológico associado às cavidades ITA_0002 e ITA_0003, localizadas na área da Mina de Cauê, município de Itabira (MG). Este estudo foi elaborado em atendimento às diretrizes da Resolução CONAMA nº 01/1986, Resolução CONAMA nº 347/2004, Decreto Federal nº 6.640/2008, Instrução Normativa ICMBio nº 02/2017 e Instrução de Serviço SEMAD nº 08/2017 (Revisão 1), que dispõem sobre os procedimentos para a avaliação de impactos em cavidades naturais subterrâneas e suas áreas de influência.

A atividade analisada refere-se a supressão vegetal emergencial: barragem do quinzinho, linha de distribuição 69kv e condomínio vila técnica. Nesse cenário, a única estrutura que interfere no raio de 250m de cavidades é a linha de distribuição 69kv, onde será realizada a manutenção preventiva dessa linha já existente (implantada no ano de 1977), consistindo exclusivamente na poda e supressão controlada de indivíduos arbóreos isolados que oferecem risco de contato com a rede elétrica. A intervenção possui caráter pontual (em áreas já antropizadas, ou seja, não haverá novas intervenções em áreas naturais), temporário e preventivo, sendo conduzida com o uso de motosserras e ferramentas manuais, sem movimentação de solo, implantação de novas estruturas ou alteração da drenagem superficial.

As cavidades estão inseridas em rochas granito-gnáissicas da Suíte Borrachudos, associadas a um panorama de baixo potencial espeleológico segundo Jansen et al. (2011). A análise topográfica e geomorfológica demonstra que ambas se localizam em vertente oposta à da linha de transmissão, separadas por um vale intermediário, o que confere isolamento físico e hídrico natural em relação à Área Diretamente Afetada (ADA). Essa configuração elimina a possibilidade de interferência decorrente das atividades de manutenção da Linha de Transmissão com as cavidades analisadas.

Dessa forma, o presente estudo tem como escopo avaliar de maneira objetiva e fundamentada a relação entre a atividade emergencial proposta e o patrimônio espeleológico existente, identificando potenciais interações e confirmando a ausência de impactos significativos sobre as cavidades ITA_0002 e ITA_0003 e suas respectivas áreas de influência inicial.

2 INTRODUÇÃO

A Avaliação de Impacto Ambiental (AIA) é um instrumento fundamental para identificar, prever e analisar alterações provocadas por atividades humanas sobre o meio ambiente, considerando suas dimensões físicas, químicas e biológicas. Segundo a Resolução CONAMA nº 01/1986, essas alterações podem afetar diretamente a saúde, a segurança e o bem-estar da população, as atividades socioeconômicas, a biota, as condições estéticas e sanitárias, bem como a qualidade dos recursos naturais.

No caso específico do patrimônio espeleológico, a Resolução CONAMA nº 347/2004 determina que a AIA deve considerar os impactos potenciais sobre cavidades naturais subterrâneas e suas áreas de influência. A análise deve avaliar aspectos como intensidade, duração, reversibilidade e sinergia dos efeitos gerados por intervenções humanas, especialmente aquelas associadas à implantação de infraestruturas ou à execução de obras emergenciais.

Os meios físico e biótico apresentam processos dinâmicos interdependentes que, embora naturalmente sujeitos a transformações ao longo do tempo, podem ser significativamente alterados por ações

antrópicas. Tais interferências podem acelerar, retardar ou mesmo suprimir processos naturais, resultando em desequilíbrios ambientais relevantes. Nesse sentido, a avaliação de impacto sobre o patrimônio espeleológico é essencial para subsidiar a tomada de decisão por parte do órgão ambiental competente, orientando quanto à viabilidade da atividade proposta e à necessidade de adoção de medidas de controle, mitigação e monitoramento.

Este documento tem como objetivo apresentar a avaliação de impactos ambientais sobre o patrimônio espeleológico decorrentes da supressão vegetal emergencial: barragem do quinzinho, linha de distribuição 69kv e condomínio vila técnica (sendo a linha de distribuição 69kv a única estrutura a interferir no raio de 250m de cavidades). Tais intervenções, motivadas por risco iminente à segurança pública e à continuidade dos serviços essenciais, são regidas pelo Decreto Estadual nº 47.749/2019, que estabelece critérios e procedimentos para a atuação em áreas com vegetação nativa em situações emergenciais, exigindo comunicação prévia ao órgão ambiental e a adoção de medidas compensatórias.

A necessidade deste AIA está relacionada à sobreposição das Áreas de Influência Direta (AID) da obra com duas cavidades naturais localizadas na região da Mina Cauê, em Itabira, MG. Todas as análises aqui apresentadas foram conduzidas em conformidade com os dispositivos legais que regulamentam a proteção do patrimônio espeleológico no Brasil, com base, principalmente, nas Resoluções CONAMA nº 01/1986 e nº 347/2004, assegurando a objetividade e a conformidade técnica do estudo.

3 CONTEXTUALIZAÇÃO LEGAL DAS PRINCIPAIS NORMAS VIGENTES

AValiação DE IMPACTOS AMBIENTAIS SOBRE O PATRIMÔNIO ESPELEOLÓGICO

A Resolução CONAMA nº 01, de 23 de janeiro de 1986, do Conselho Nacional do Meio Ambiente, estabeleceu no seu plano jurídico os critérios básicos e diretrizes gerais para o uso e implementação da Avaliação de Impacto Ambiental. O termo Impacto Ambiental é definido em seu Art. 1º como *“qualquer alteração das propriedades físicas, químicas e biológicas do meio ambiente, causada por qualquer forma de matéria ou energia resultante das atividades humanas que, direta ou indiretamente, afetam:*

- I - a saúde, a segurança e o bem-estar da população;*
- II - as atividades sociais e econômicas;*
- III - a biota;*
- IV - as condições estéticas e sanitárias do meio ambiente;*
- V - a qualidade dos recursos ambientais.”*

Ainda nessa mesma Resolução, em seu Art. 6º, incisos II, III e IV são estabelecidas as atividades técnicas necessárias para a análise dos impactos ambientais, para definição das medidas mitigadoras dos impactos negativos e elaboração do programa de monitoramento.

“II - Análise dos impactos ambientais do projeto e de suas alternativas, através da identificação, previsão da magnitude e interpretação da importância dos prováveis impactos relevantes, discriminando: os impactos positivos e negativos (benéficos e adversos), diretos e indiretos, imediatos e a médio e longo prazos, temporários e permanentes; seu grau de reversibilidade; suas propriedades cumulativas e sinérgicas; a distribuição dos ônus e benefícios sociais. (Grifo nosso)

III - Definição das medidas mitigadoras dos impactos negativos, entre elas os equipamentos de controle e sistemas de tratamento de despejos, avaliando a eficiência de cada uma delas.

IV - Elaboração do programa de acompanhamento e monitoramento dos impactos positivos e negativos, indicando os fatores e parâmetros a serem considerados.”

No que se refere ao Patrimônio Espeleológico, a Portaria nº 887, de 15 de junho 1990, do Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis (IBAMA), versa sobre ações que objetivam a preservação de cavidades naturais e estabelece conceitos básicos.

“Art. 1º - promover a realização de diagnóstico da situação do patrimônio espeleológico nacional, identificando áreas críticas e definindo ações e instrumentos necessários para a sua devida proteção e uso adequado; [...]

Art. 4º - tornar obrigatória a elaboração de Estudo de Impacto Ambiental (EIA) para as ações ou empreendimentos de quaisquer natureza, previstos ou existentes em áreas de ocorrência de cavidades naturais subterrâneas ou de potencial espeleológico, que direta ou indiretamente possam ser lesivos a essas cavidades;

Art. 5º - proibir desmatamentos, queimadas, uso de solo e subsolo ou ações de quaisquer natureza que coloquem em risco as cavidades naturais subterrâneas e sua área de influência, a qual compreenda os recursos ambientais, superficiais e subterrâneos, dos quais dependam sua integridade física ou seu equilíbrio ecológico; [...].”

Nesse mesmo sentido, o Decreto Federal nº 99.556, de 1º de outubro de 1990, com alterações dos Arts. 1º, 2º, 3º, 4º e 5º dadas pelo Decreto Federal nº 6.640, de 07 de novembro de 2008, trata sobre a proteção das cavidades naturais subterrâneas existentes no território nacional.

“Art. 2º A cavidade natural subterrânea será classificada de acordo com seu grau de relevância em máximo, alto, médio ou baixo, determinado pela análise de atributos ecológicos, biológicos, geológicos, hidrológicos, paleontológicos, cênicos, histórico-culturais e socioeconômicos, avaliados sob enfoque regional e local. [...]

Art. 3º A cavidade natural subterrânea com grau de relevância máximo e sua área de influência não podem ser objeto de impactos negativos irreversíveis, sendo que sua utilização deve fazer-se somente dentro de condições que assegurem sua integridade física e a manutenção do seu equilíbrio ecológico. (Grifo nosso)

Art. 4º A cavidade natural subterrânea classificada com grau de relevância alto, médio ou baixo poderá ser objeto de impactos negativos irreversíveis, mediante licenciamento ambiental.”

Cabe ressaltar aqui que, sob o olhar do Centro Nacional de Pesquisa e Conservação de Cavernas – CECAV, entende-se que “a área de influência não deve ser vista como um espaço territorial onde os impactos não são permitidos. Os estudos para o licenciamento e a avaliação de impactos ambientais é que deverão analisar a relação entre os impactos do empreendimento e o Patrimônio Espeleológico e, sendo necessário, propor alternativas ou medidas de mitigação” (ICMBIO/CECAV, 2013). Nessa mesma direção, o documento “Área de Influência sobre o Patrimônio Espeleológico - Orientações Básicas à Realização de Estudos Espeleológicos” (CECAV, 2014, reeditado em 2022), traz dentre as orientações e recomendações gerais o seguinte texto:

“[...] c) Poderá haver diferentes traçados (temáticos) de área de influência. No âmbito do ordenamento, regras específicas podem incidir sobre cada um desses traçados temáticos. [...]”

e) Das diferentes “áreas de influência temáticas”, interessa ao processo de licenciamento o traçado daquela que está efetivamente sujeita a determinado impacto da atividade licenciada, ou seja, a interseção entre:

- Áreas de influência da caverna (temáticas), com respectivos graus de fragilidade/vulnerabilidade; e*
- Áreas de alcance de cada tipo de impacto previsto, sua extensão e magnitude (áreas de influência da atividade/empreendimento).”*

Em 19 de dezembro 1997, a Resolução CONAMA nº 237 revisa e complementa os procedimentos e critérios utilizados para o licenciamento ambiental e, a partir do Art. 18 incisos I, II e III, estabelece prazos de validade para cada tipo de licença, sendo de até cinco anos para Licença Prévia (LP); não superior a seis anos para Licença de Instalação (LI) e no mínimo, quatro anos e, no máximo, dez anos para Licença de Operação (LO).

Já a Resolução CONAMA nº 347, de 10 de setembro de 2004, que também aborda sobre a proteção do patrimônio espeleológico, traz, em seu Art. 5º a seguinte redação: “Na análise do grau de impacto, o órgão licenciador considerará, entre outros aspectos, a intensidade, a temporalidade, a reversibilidade e a sinergia dos referidos impactos. (Grifo nosso)

Parágrafo único. Na avaliação dos impactos ao patrimônio espeleológico afetado, o órgão licenciador deverá considerar, entre outros aspectos:

I - suas dimensões, morfologia e valores paisagísticos;

II - suas peculiaridades geológicas, geomorfológicas e mineralógicas;

III - a ocorrência de vestígios arqueológicos e paleontológicos;

IV - recursos hídricos;

V - ecossistemas frágeis ou espécies endêmicas, raras ou ameaçadas de extinção;

VI - a diversidade biológica; e

VII - sua relevância histórico-cultural ou socioeconômica na região.”

O Decreto Federal nº 6.640 estabelece o conceito de relevância de cavidades naturais subterrâneas em quatro categorias: grau de relevância máximo, alto, médio e baixo, e ainda institui formas de compensação de danos ambientais relacionadas especificamente ao patrimônio espeleológico (além das alterações dadas no Decreto Federal nº 99.556).

No âmbito do licenciamento ambiental, a Resolução CONAMA nº 428, de 17 de dezembro de 2010, dispõe sobre a autorização do órgão responsável pela administração da Unidade de Conservação (UC), de que trata o § 3º do artigo 36 da Lei nº 9.985 de 18 de julho de 2000, bem como sobre a ciência do órgão responsável pela administração da UC no caso de licenciamento ambiental de empreendimentos não sujeitos a EIA-RIMA e dá outras providências.

Na Instrução Normativa nº 01 – Instituto Chico Mendes da Biodiversidade (ICMBio), de 24 de janeiro de 2017, é estabelecido os procedimentos para definição de outras formas de compensação ao impacto negativo irreversível em cavidade natural subterrânea com grau de relevância alto, conforme previsto no Art. 4º, § 3º do Decreto Federal nº 99.556/1990. Além disso, em seu Art. 2º inciso II, define o conceito de **impacto negativo irreversível** em cavidade natural subterrânea com a seguinte redação: “*intervenção antrópica em cavidade natural subterrânea ou em sua área de influência, que implique na sua supressão total ou em alteração parcial não mitigável do ecossistema cavernícola, com o comprometimento da sua integridade e preservação*”. Ademais, também determina em seu Art. 5º § 1º, que o grau de impacto nas cavidades naturais sujeitas aos efeitos negativos e irreversíveis seja calculado considerando-se os atributos ambientais que ocorrem em cada uma delas.

Em 05 de junho de 2017, a Secretaria Estadual de Meio Ambiente e de Desenvolvimento Sustentável de Minas Gerais (SEMAD), publicou a Instrução de Serviço nº 08, com os procedimentos a serem desenvolvidos nos processos de licenciamento ambiental de empreendimentos que causem impacto sobre o Patrimônio Espeleológico.

No item 4, da IS Sisema nº 08/17 Revisão 1, os subitens 4.17 a 4.19 definem os conceitos de intervenção e impactos negativos reversíveis e irreversíveis sobre o patrimônio espeleológico.

*“4.17. **Intervenção sobre cavidade natural subterrânea:** Qualquer intervenção decorrente da ação humana, da instalação ou da operação de atividade ou empreendimento, que cause ou possa acarretar impacto positivo ou negativo, reversível ou irreversível, sobre a cavidade natural subterrânea ou sobre sua área de influência.*

*4.18. **Impacto negativo irreversível:** Intervenção antrópica em cavidade natural subterrânea ou em sua área de influência, que implique na sua supressão total ou em alteração parcial não mitigável do ecossistema cavernícola, com o comprometimento da sua integridade e preservação (conf. inc. II do art. 3º da IN ICMBio nº 1, de 2017).*

*4.19. **Impacto negativo reversível:** Intervenção antrópica em cavidade natural subterrânea ou em sua área de influência, que não implique na sua supressão ou no comprometimento de sua integridade e preservação e que seja passível de restauração, de recuperação ou de mitigação.”*

No item 5.2.1, Etapa 2, dessa mesma IS, discorre sobre Avaliação de Impactos em Cavidades, onde o empreendedor deverá apresentar a avaliação dos impactos da atividade ou do empreendimento sobre o patrimônio espeleológico.

“Constatada a presença de cavidade na Área Diretamente Afetada (ADA) e/ou no seu entorno de 250m, o empreendedor deverá apresentar a avaliação dos impactos da atividade ou do empreendimento sobre o patrimônio espeleológico, que deverá considerar todos os impactos reais e potenciais sobre todas as cavidades identificadas na ADA e no seu entorno de 250m, bem como sobre suas respectivas áreas de influência, considerando-se, nesta etapa, a área de influência inicial das cavidades (conf. Item 4.3).

O empreendedor deverá, também, demonstrar se os impactos acima referidos são positivos ou negativos e, nesta última hipótese, se são reversíveis ou irreversíveis, conforme os conceitos estabelecidos nos itens 4.17 a 4.18 desta IS, considerando inclusive as hipóteses de supressão de cavidades.

*Se restar comprovada a ausência de impactos negativos **efetivos** ou **potenciais**, sobre as cavidades identificadas na ADA e no entorno de 250m, o processo de licenciamento ambiental da atividade ou do empreendimento deverá seguir os procedimentos regulares, sem a exigência de novos estudos espeleológicos a partir de então.*

*Se as análises de impacto realizadas na Etapa 2 demonstrarem a existência de impactos negativos sobre as cavidades e/ou sobre suas áreas de influência, bem como comprovarem que se trata de impactos negativos **reversíveis** (conf. item 4.19), o empreendedor deverá apresentar, em relação aos referidos impactos, as **medidas de mitigação**, de **controle ambiental** e de **monitoramento** que serão por ele adotadas, contemplando as formas e os prazos de implementação destas medidas. Uma vez aprovadas pelo órgão ambiental, tais medidas e seus respectivos prazos de implementação deverão constar como condicionantes da licença ambiental.*

Também deverá ser exigido como condicionante da licença ambiental o relatório técnico-fotográfico detalhado das cavidades que sofrerão impactos negativos reversíveis e de suas respectivas áreas de influência.

*Se as análises realizadas na Etapa 2 demonstrarem a existência, real ou potencial, de impactos negativos **irreversíveis** (conf. itens 4.18 e 4.27), o empreendedor deverá apresentar os estudos necessários e adequados para a delimitação da área de influência real e para a classificação do grau de relevância de todas as cavidades sujeitas a tais impactos...”.*

A Instrução Normativa nº 02 – MMA, de 30 de agosto de 2017, estabelece a metodologia para classificação do grau de relevância das cavidades naturais subterrâneas (regulamenta o art. 5º do Decreto Federal nº 6.640/2008 e revoga a IN/MMA nº 2/2009).

Em 20 outubro de 2017, a Instrução Normativa nº 04 – ICMBio, acrescenta o Art. 5º-A à Instrução Normativa nº 01/2017 que estabelece procedimentos para definição de outras formas de compensação ao impacto negativo irreversível em cavidade natural subterrânea com grau de relevância alto.

A Instrução Normativa Conjunta nº 8, de 27 de setembro de 2019, estabelece procedimentos entre o ICMBio e Ibama – relacionados à Resolução CONAMA nº 428/2010 e dá outras providências no âmbito do licenciamento ambiental federal. Os artigos 14 a 17 do Capítulo IV definem os procedimentos específicos relativos ao licenciamento de atividades e empreendimentos que impactem cavidades naturais subterrâneas.

“Art. 14. Nos processos de licenciamento ambiental de atividades ou empreendimentos que afetem o patrimônio espeleológico localizado em unidades de conservação federais, o Ibama exigirá a realização de estudos ambientais espeleológicos específicos, concomitantes aos demais estudos ambientais, que contenham:

I- relatório de prospecção espeleológica realizada na área de influência direta do empreendimento, com base em mapa de potencial espeleológico elaborado em escala compatível com o empreendimento;

II - avaliação de impactos ambientais ao patrimônio espeleológico;

III - proposta de classificação do grau de relevância de cavidades naturais subterrâneas;

IV - proposta de definição das áreas de influência das cavidades naturais subterrâneas;

V - programa de monitoramento das cavidades naturais subterrâneas com grau de relevância máximo; e

VI - medidas e ações para preservação de cavidades testemunho, conforme do art. 4º do Decreto Federal nº 99.556, de 1º de outubro de 1990;

[...].”

Por fim, em 12 de janeiro de 2022, foi publicado o Decreto Federal nº 10.935 que concedeu a nova versão regulamentar que dispõe sobre a proteção de cavidades naturais subterrâneas existentes no território nacional e revoga o Decreto Federal nº 99.556/1990. Em linhas gerais, dentre as alterações dadas pelo referido decreto destaca-se a anuência de impactos negativos irreversíveis sobre cavidades naturais de máxima relevância pelo órgão ambiental licenciador competente, no âmbito do licenciamento ambiental da atividade ou do empreendimento, desde que o empreendedor demonstre:

“Art. 4º As cavidades naturais subterrâneas com grau de relevância máximo somente poderão ser objeto de impactos negativos irreversíveis quando autorizado pelo órgão ambiental licenciador competente, no âmbito do licenciamento ambiental da atividade ou do empreendimento, desde que o empreendedor demonstre:

“I - que os impactos decorrem de atividade ou de empreendimento de utilidade pública, nos termos do disposto na alínea “b” do inciso VIII do caput do art. 3º da Lei nº 12.651, de 25 de maio de 2012;

II - a inexistência de alternativa técnica e locacional viável ao empreendimento ou à atividade proposta;

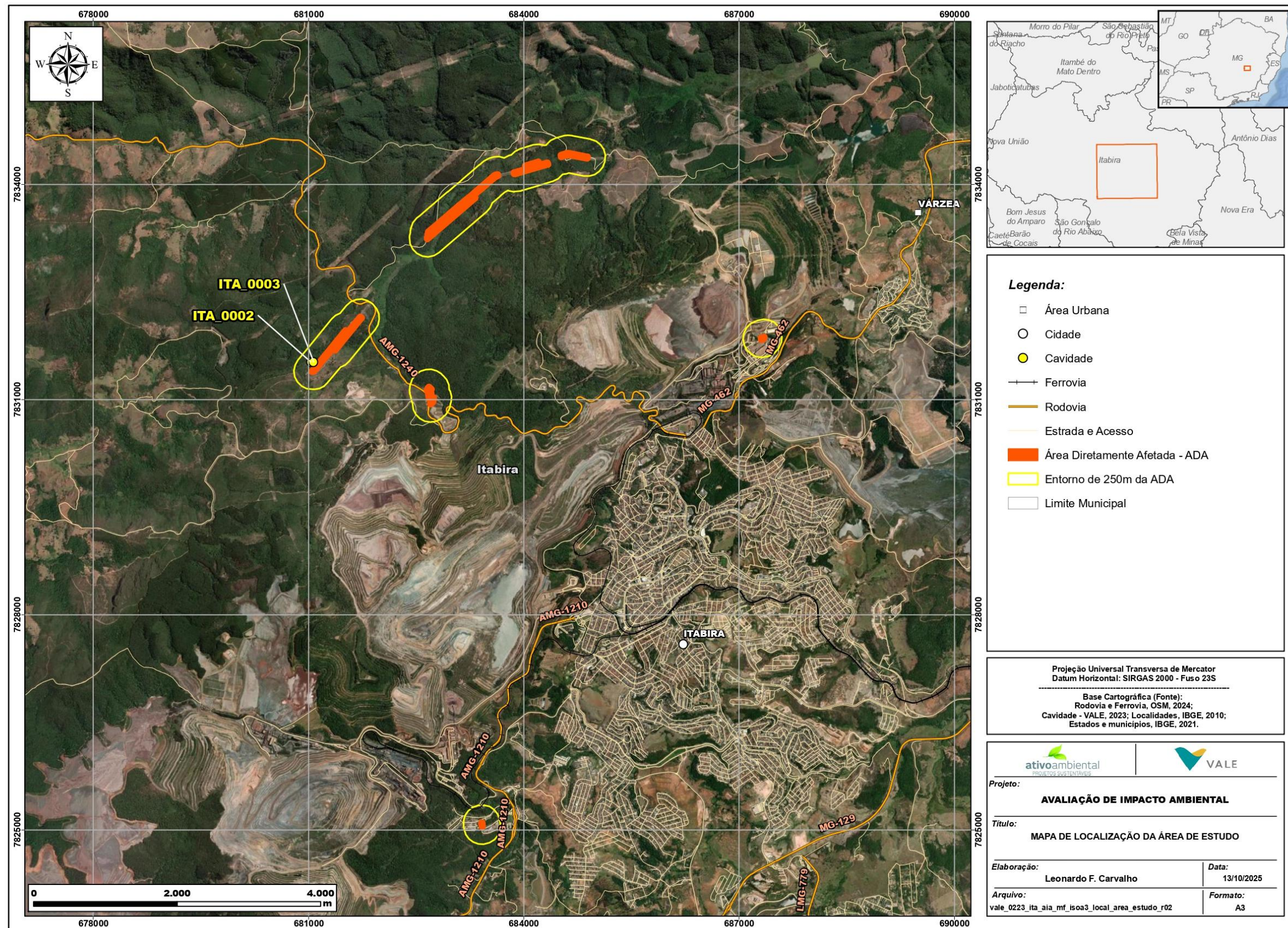
III - a viabilidade do cumprimento da medida compensatória de que trata o § 1º; e

IV - que os impactos negativos irreversíveis não gerarão a extinção de espécie que conste na cavidade impactada.”

Contudo, este decreto está parcialmente suspenso pela ADPF 935 MC/DF (Arguição de Descumprimento de Preceito Fundamental 935, Medida Cautelar - Distrito Federal, 2022) e segue sob judicío. Esta medida suspende o art. 2º §§ 4º e 9º, o art. 4º in totum, o art. 6º, o art. 7º e o art. 8º do Decreto Federal nº 10.935/2022, com ação imediata a retomada da produção de efeitos dos dispositivos correlatos do então revogado Decreto nº 99.556/1990, com as alterações promovidas pelo Decreto Federal nº 6.640, de 2008, neste caso, voltando a prevalecer a determinação que cavidades naturais com grau de relevância máxima e sua área de influência não podem ser objeto de impactos negativos irreversíveis.

4 ÁREA DE ESTUDO

As cavidades alvo desse estudo, estão localizadas na Mina de Cauê, no município de Itabira, estado de Minas Gerais. O acesso à área a partir de Belo Horizonte é realizado pela rodovia BR-381 (sentido norte), percorrendo aproximadamente 85 km até o entroncamento com a MG-129, nas proximidades de São Gonçalo do Rio Abaixo. A partir desse ponto, segue-se pela MG-129 por cerca de 35 km até o perímetro urbano de Itabira, onde se encontra o complexo minerário do Cauê (Mapa 1).



Mapa 1: Localização das cavidades estudadas, da Área Diretamente Afetada (ADA) e principais vias de acesso.

4.1 CONTEXTO GEOLÓGICO-GEOMORFOLÓGICO

O Quadrilátero Ferrífero (QFe) é composto, segundo Endo *et al.* (2019a e b) por unidades litodêmicas e litoestratigráficas que abrangem intervalos temporais desde o Arqueano até o Cenozoico, sendo representado pelas seguintes unidades geológicas:

- i) Complexos Metamórficos, caracterizados pela presença de gnaisses bandados e não bandados, migmatitos, granitoides, anfibolitos e corpos máficos/ultramáficos;
- ii) Supergrupo Rio das Velhas, composto por rochas metassedimentares de origem clástica e química, metavulcanoclásticas, além de rochas metavulcânicas félsicas, máficas e ultramáficas;
- iii) Supergrupo Minas, formado por rochas metassedimentares clásticas e químicas;
- iv) Supergrupo Estrada Real, constituído por rochas metassedimentares clásticas e químicas, bem como por rochas metavulcânicas félsicas, máficas e ultramáficas;
- v) Grupo Barbacena, representado por rochas metassedimentares clásticas e químicas, além de rochas metavulcânicas máficas e ultramáficas;
- vi) Supergrupo Espinhaço, predominantemente composto por metarenitos e metaconglomerados;
- vii) Unidades sedimentares, correspondentes às coberturas sedimentares do Paleógeno ao Holoceno, constituídas por sedimentos terrígenos.

Adicionalmente, o mapa geológico do QFe inclui o Grupo Barbacena e as suítes intrusivas máficas/ultramáficas de Paraopeba e Santa Cruz (Carneiro, 1992), Santa Rita de Ouro Preto e Catas Altas da Noruega (ENDO *et al.*, 2019b), e Pedro Lessa (HEINECK *et al.*, 2003). Essas suítes intrusivas apresentam diferentes gerações, composições e orientações, além de ocorrências pontuais de pequenos corpos de granitoides, aplitos e veios pegmatíticos.

Endo *et al.* (2019a) propuseram uma nova subdivisão das unidades paleoproterozoicas do QFe, destacando os Supergrupos Minas e Estrada Real. O Supergrupo Minas, de idade paleoproterozoica, sobrepõe-se discordantemente ao Supergrupo Rio das Velhas (DORR, 1969). A deposição das unidades do Supergrupo Minas ocorreu entre 2.584 ± 10 Ma (HARTMANN *et al.*, 2006) e 2.420 ± 19 Ma (BABINSKI *et al.*, 1995).

Endo *et al.* (2019a) propõem uma nova subdivisão das unidades paleoproterozoicas do Quadrilátero Ferrífero (QFe) nos supergrupos Minas e Estrada Real. O Supergrupo Minas, de idade paleoproterozoica, encontra-se em discordância erosiva sobre o Supergrupo Rio das Velhas (DORR, 1969). A sedimentação das unidades do Supergrupo Minas ocorreu entre 2.584 ± 10 Ma (HARTMANN *et al.*, 2006) e 2.420 ± 19 Ma (BABINSKI *et al.*, 1995).

Do ponto de vista estratigráfico, o Supergrupo Minas é constituído, da base para o topo, pelos grupos Tamanduá, Caraça, Itabira e Piracicaba, os quais formam uma sucessão sedimentar de ambiente continental a marinho, com espessura mínima estimada de 3.424 metros (DORR, 1969). Essa sucessão representa um estágio da evolução de uma bacia associada à margem passiva do cráton São Francisco (Alkmim e Martins Neto, 2012). O Mapa 2 apresenta mapa de geologia com a localização das cavidades.

As cavidades objeto deste estudo estão inseridas no contexto da Suíte Borrachudos. A Suíte Borrachudos compreende um conjunto de granitos tipo-A, de caráter metaluminoso, definidos originalmente por Dorr & Barbosa (1963) e considerados de idade pós-Minas, associados a estágios orogenéticos tardios. Estudos subsequentes (HERZ, 1970; CHEMALE Jr., 1987; GROSSI-SAD *et al.*, 1990b) descreveram corpos graníticos homogêneos, de granulação média a grossa, predominando quartzo, pertita e microclina, com biotita e anfibólio responsáveis pela foliação magmática. Esses corpos – como Itabira, Açucena, Petí e São Félix – ocorrem entre Itabira e Guanhões, exibindo uniformidade composicional e ausência de xenólitos, o que sugere origem em magmatismo sin- a pós-colisional. Datações U–Pb e Sm–Nd (CHEMALE Jr. *et al.*, 1998; DOSSIN *et al.*, 1993) indicam idades entre 1,73 e 1,59 Ga e derivação a partir de crosta inferior arqueana, associando a suíte à abertura do rift Espinhaço.

O mapa geológico da região (Figura 1 e Figura 2) apresenta a distribuição das unidades geológicas que ocorrem na área de estudo, com a localização das cavidades objeto deste estudo (Mapa 2).

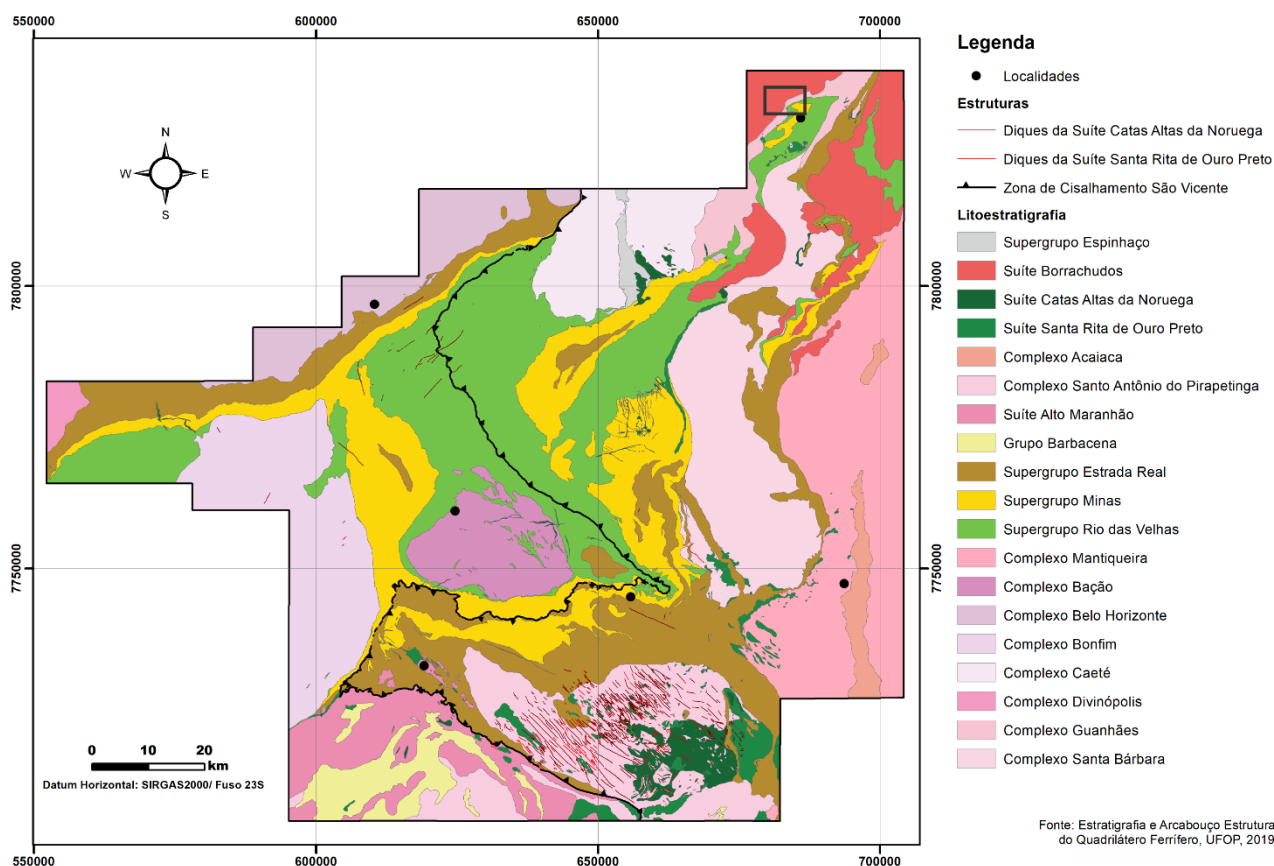


Figura 1: Mapa geológico simplificado do QFe (Endo *et al.* 2019a). O polígono preto mostra a localização aproximada da área de estudo.

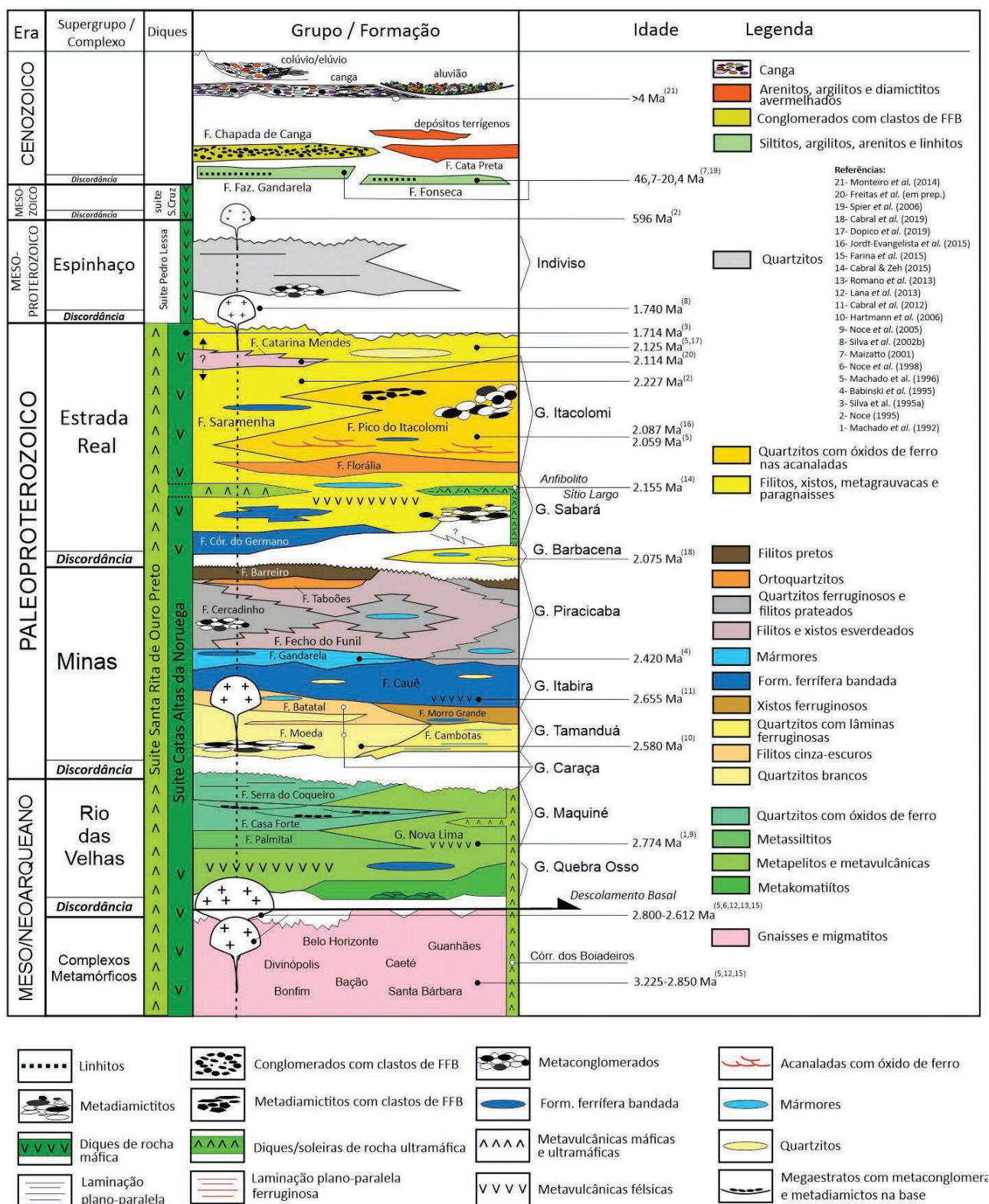
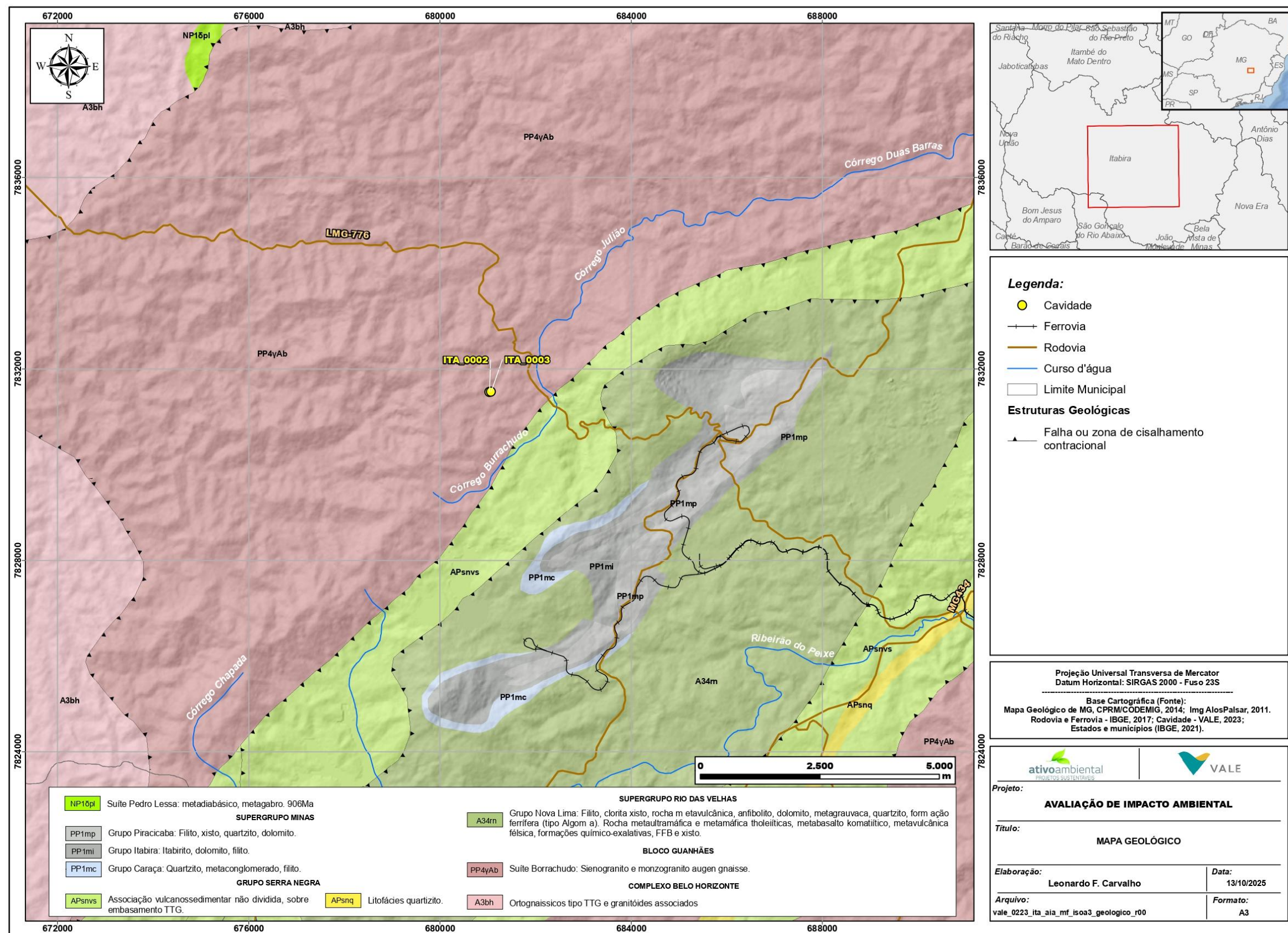


Figura 2: Coluna estratigráfica regional (Endo et al. 2019b).



Mapa 2: Mapa geológico da região com a localização das cavernas na área de estudo.

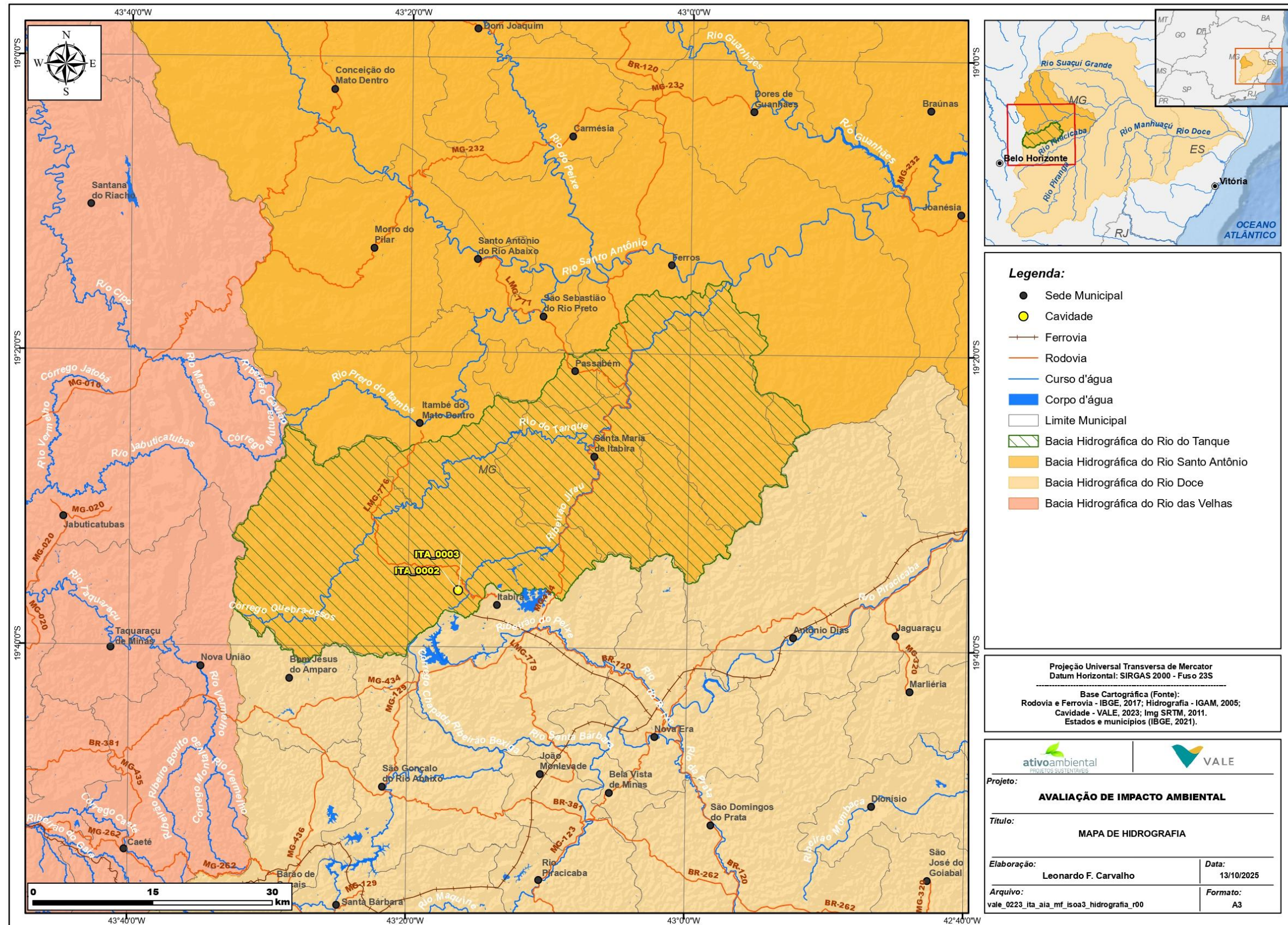
4.2 HIDROGRAFIA

Regionalmente, a área de estudo insere-se na bacia hidrográfica do Rio Santo Antônio, importante afluente da margem esquerda do Rio Doce, integrando o sistema hidrográfico do Atlântico Sudeste. O Rio Santo Antônio tem sua nascente principal na Serra do Espinhaço Meridional, no município de Santo Antônio do Itambé, e percorre aproximadamente 290 km até desaguar no Rio Doce, nas proximidades de Governador Valadares. Essa bacia apresenta regime pluvial bem definido, com sazonalidade marcada entre períodos úmidos e secos, refletindo a alternância climática típica do domínio tropical úmido de altitude, com concentração das chuvas entre novembro e março e estiagem relativa entre maio e setembro.

A drenagem regional caracteriza-se por padrão dendrítico a subdendrítico, controlado tanto pela estruturação geológica do embasamento cristalino (composto por gnaisses, granitóides e quartzitos do Complexo Mantiqueira e da Suíte Borrachudos) quanto pela topografia dissecada e acidentada que domina o relevo da região de Itabira e seu entorno. No contexto da hidrografia local, as cavidades naturais analisadas encontram-se situadas na sub-bacia do Rio do Tanque, tributária direta do Rio Santo Antônio, e mais especificamente na microbacia do Ribeirão Jirau, conforme delimitação hidrológica oficial do Instituto Mineiro de Gestão das Águas – IGAM (2019).

O Ribeirão Jirau apresenta curso de ordem inferior, com cabeceiras situadas em áreas de relevo ondulado a montanhoso, drenando vertentes associadas a formações de metagranitóides e gnaisses foliados. Seu padrão de drenagem é predominantemente paralelo a subparalelo, refletindo o controle litoestrutural local e a presença de fraturas subverticais que condicionam tanto o escoamento superficial quanto o fluxo subterrâneo difuso.

A dinâmica hídrica nessa microbacia é caracterizada por escoamento concentrado nos períodos chuvosos, com potencial de recarga difusa em zonas de solos pouco espessos e de elevada permeabilidade, especialmente nas áreas recobertas por regolitos derivados de rochas graníticas. Durante a estação seca, observa-se redução expressiva da vazão superficial, com persistência de fluxo de base em trechos mais encaixados, o que denota a existência de conectividade entre o sistema superficial e a zona de alteração intempérica. Essa interação é relevante do ponto de vista espeleológico, pois condiciona a infiltração e circulação de águas meteóricas, as quais desempenham papel essencial na evolução das cavidades por processos de dissolução, lixiviação e desagregação física (Mapa 3).



Mapa 3: Mapa da hidrografia da região de estudo.

4.3 CLIMA

O clima na região onde se localiza o empreendimento é classificado como Quente e Temperado, ou Cwa na designação de Köppen (ALVARES *et al.*, 2013; INMET, 2013). O clima na região onde se localiza o empreendimento é classificado, segundo IBGE (2002), como Tropical de Altitude ou Cwb na designação de Köppen (ALVARES *et al.*, 2013; INMET, 2013), característico das regiões montanhosas, com chuvas durante os meses de outubro a abril e geadas ocasionais em junho e julho.

A precipitação entre os meses de novembro e fevereiro é em média 247mm. O período mais seco é representado pelos meses de junho-julho-agosto, em que a média da precipitação é de 11,6mm. Para o ano todo, a precipitação média é de 1.471 mm (CLIMATEMPO, 2025).

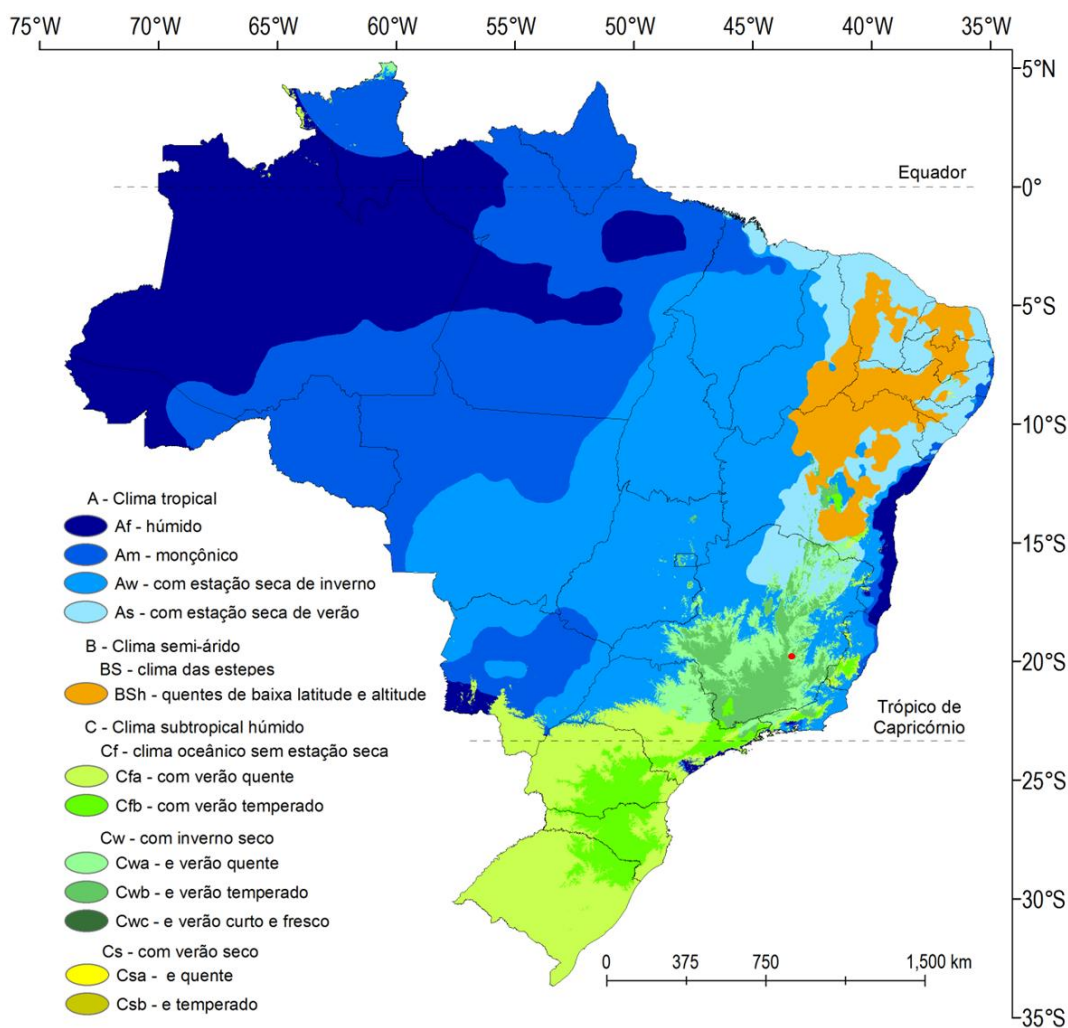
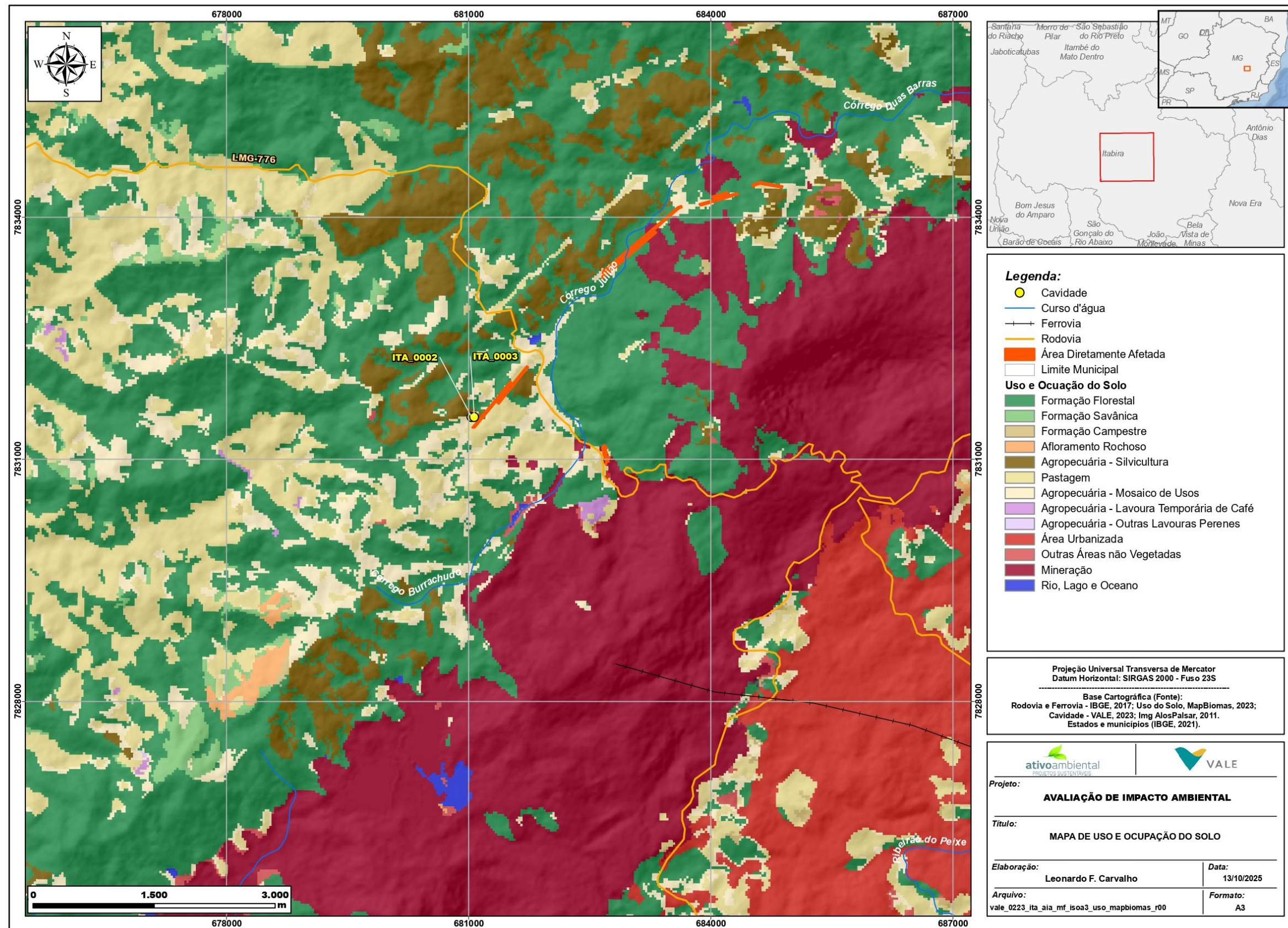


Figura 3: Classificação de Köppen aplicada ao território brasileiro, com destaque para a área de estudo.

4.4 VEGETAÇÃO DE ENTORNO

A região de Itabira é composta predominantemente por uma vegetação campestre que, por sua vez, apresenta fisionomias variáveis devido às diferenças edáficas locais. São também comuns fragmentos de floresta estacional semidecidual e eucaliptos. Conforme o mapeamento de flora nativa e de reflorestamento de Minas Gerais (IEF, 2010) no entorno das cavidades, nas áreas de estudo, predominam formações vegetais de Plantações de Eucalipto e Campo (Mapa 4).



Mapa 4: Mapa de uso do solo e cobertura vegetal da área de estudo (MAPBIOMAS, 2022).

5 CARACTERIZAÇÃO DO EMPREENDIMENTO

O presente estudo tem por objeto avaliar os impactos da supressão vegetal emergencial: barragem do quinzinho, linha de distribuição 69kv e condomínio vila técnica, do Complexo de Itabira (MG), localizadas no entorno da Mina de Cauê, no município de Itabira. Contudo, as avaliações serão direcionadas a linha de distribuição 69kv, pois é a única que interfere no raio de 250m de cavidades (as demais estruturas estão distantes, muito além dos 250m, e não interferem com cavidades). Estas estruturas pertencem à rede de distribuição interna da Vale S.A., compondo o sistema de interligação que abastece as usinas de beneficiamento, estações de bombeamento, subestações e demais instalações industriais associadas às atividades de mineração.

Histórico e Contexto de Implantação

As linhas de distribuição que compõem o sistema elétrico do Complexo de Itabira foram implantadas por volta de 1977, durante a fase de consolidação das operações da Mina de Cauê, integrando a expansão da infraestrutura energética voltada ao suprimento das unidades operacionais. Desde então, tais linhas têm desempenhado papel essencial na manutenção da continuidade elétrica e na estabilidade operacional do complexo.

Com o passar das décadas, a dinâmica de crescimento natural da vegetação nas faixas de servidão, associada à ausência de registro formalizado das zonas de segurança, levou à ocorrência de interferências potenciais entre copas de árvores e cabos energizados. Tal situação representa risco elevado de curto-circuito, desligamento acidental e ignição de focos de incêndio, configurando cenário de perigo técnico e ambiental, sobretudo em períodos de estiagem prolongada.

Diante dessa condição, a empresa solicitou, por meio de processo formalizado junto à FEAM, IEF, IPHAN e IEPHA, a autorização para execução de atividade emergencial de supressão e poda de indivíduos arbóreos em trechos selecionados das LD 69 kV – Cauê, CC_LD_01 e CC_LD_02, conforme detalhado no *Relatório Técnico de Intervenção Emergencial Ambiental* (ARCADIS, 2025).

Finalidade e Justificativa da Intervenção

A intervenção tem como finalidade principal a eliminação de riscos associados ao contato de vegetação arbórea com as linhas de distribuição de energia elétrica, garantindo a segurança estrutural das torres, a continuidade do fornecimento elétrico e a prevenção de incêndios acidentais.

A ação proposta não envolve a implantação de novas estruturas nem a expansão da rede elétrica existente, tratando-se de atividade corretiva e preventiva de caráter temporário, enquadrada como manutenção em infraestrutura consolidada. As medidas se justificam tecnicamente em virtude da proximidade de copas arbóreas às redes energizadas, fator que pode gerar descargas elétricas, superaquecimento e ignição de biomassa vegetal, com repercussões tanto operacionais quanto ambientais.

Do ponto de vista ambiental, a manutenção regular dessas linhas contribui para a prevenção de queimadas e incêndios florestais, reduzindo a probabilidade de propagação de fogo em áreas de vegetação nativa adjacente. Sob esse aspecto, a ação apresenta caráter preventivo e protetivo, alinhado às diretrizes de segurança ambiental e operacional da Vale S.A., e ao disposto no art. 36 do Decreto Estadual nº 47.749/2019, que prevê o enquadramento de intervenções emergenciais em vegetação nativa com vistas à eliminação de risco iminente a pessoas, bens e serviços públicos essenciais.

Natureza das Atividades

As atividades a serem executadas consistem na poda e supressão seletiva de indivíduos arbóreos isolados situados dentro da faixa de servidão das linhas de distribuição, abrangendo área total aproximada de 9,72 hectares. A intervenção não implica em movimentação de solo, abertura de acessos, instalação de canteiros de obra ou uso de maquinário pesado.

Os serviços serão realizados por equipe técnica especializada, utilizando motosserras e equipamentos portáteis manuais, observando-se os protocolos de segurança, os limites da faixa de servidão e as normas de operação da CEMIG e NBR 5422. Todo o material lenhoso oriundo das podas será recolhido e destinado adequadamente, evitando o acúmulo de biomassa sob as linhas e prevenindo riscos de ignição.

A operação será conduzida em trechos já antropizados, onde o solo apresenta histórico de intervenção e a vegetação atual é predominantemente secundária, composta por indivíduos isolados de médio porte. Não haverá supressão de fragmentos florestais contínuos, nem interferência em áreas naturais preservadas, conforme indicado nos laudos técnicos encaminhados aos órgãos ambientais competentes.

Considerações Técnicas e Ambientais

A atividade proposta se caracteriza como manutenção de infraestrutura essencial, de baixo impacto ambiental e alta relevância operacional. Sua execução é necessária para garantir a segurança das operações elétricas, proteger o patrimônio ambiental e reduzir riscos de incêndios, assegurando o funcionamento contínuo de um sistema elétrico implantado há mais de quatro décadas.

Dada a restrição espacial das ações às áreas já antropizadas, a inexistência de intervenções em solo natural, e o isolamento geomorfológico das cavidades, conclui-se que o empreendimento é tecnicamente seguro e ambientalmente compatível com a manutenção da integridade do meio físico, biótico e espeleológico local.

A inclusão de registros fotográficos das linhas de distribuição e das áreas de intervenção (quando disponíveis nos anexos) é recomendada para ilustrar as condições atuais da faixa de servidão, reforçando o caráter pontual e preventivo da atividade.

6 PATRIMÔNIO ESPELEOLÓGICO LOCAL

No âmbito da análise ambiental, destaca-se que um trecho das atividades previstas citadas acima, intercepta a área de influência inicial (raio de 250 metros) de duas cavidades naturais subterrâneas ITA_0002 e ITA_0003. Dentre essas, a cavidade ITA_0002 é classificada como de máxima relevância, conforme critérios estabelecidos pela Instrução Normativa ICMBio nº 02/2017, em função de suas dimensões, características morfológicas e aspectos ambientais associados.

Dessa forma, a presente Avaliação de Impacto Ambiental tem como escopo a análise dos possíveis impactos sobre as cavidades citadas e seus entornos imediatos (buffer de 250 metros), conforme exigido pela legislação vigente. Considerando o caráter emergencial e a natureza pontual da intervenção, a análise será restrita à Área Diretamente Afetada (ADA) e ao entorno de 250 metros das cavidades, uma vez que as intervenções serão concentradas em áreas já antropizadas.

As informações espeleométricas das cavidades envolvidas estão apresentadas na Tabela 1, a seguir, com o objetivo de caracterizar suas principais dimensões e subsidiar a análise de possíveis impactos.

Tabela 1: Informações espeleométricas das cavidades objeto deste estudo.

N	Cavidade	Coordenadas UTM – SIRGAS 2000			PH (m)	Desnível (m)	Área (m ²)	Volume (m ³)	Litotipo
		Coord. E	Coord. N	Altitude					
1	ITA_0002	681083	7831566	930	87,09	17,46	550,52	411,57	Granito gnaisses
2	ITA_0003	681116	7831568	934	12,69	0,68	66,50	12,84	Granito gnaisses

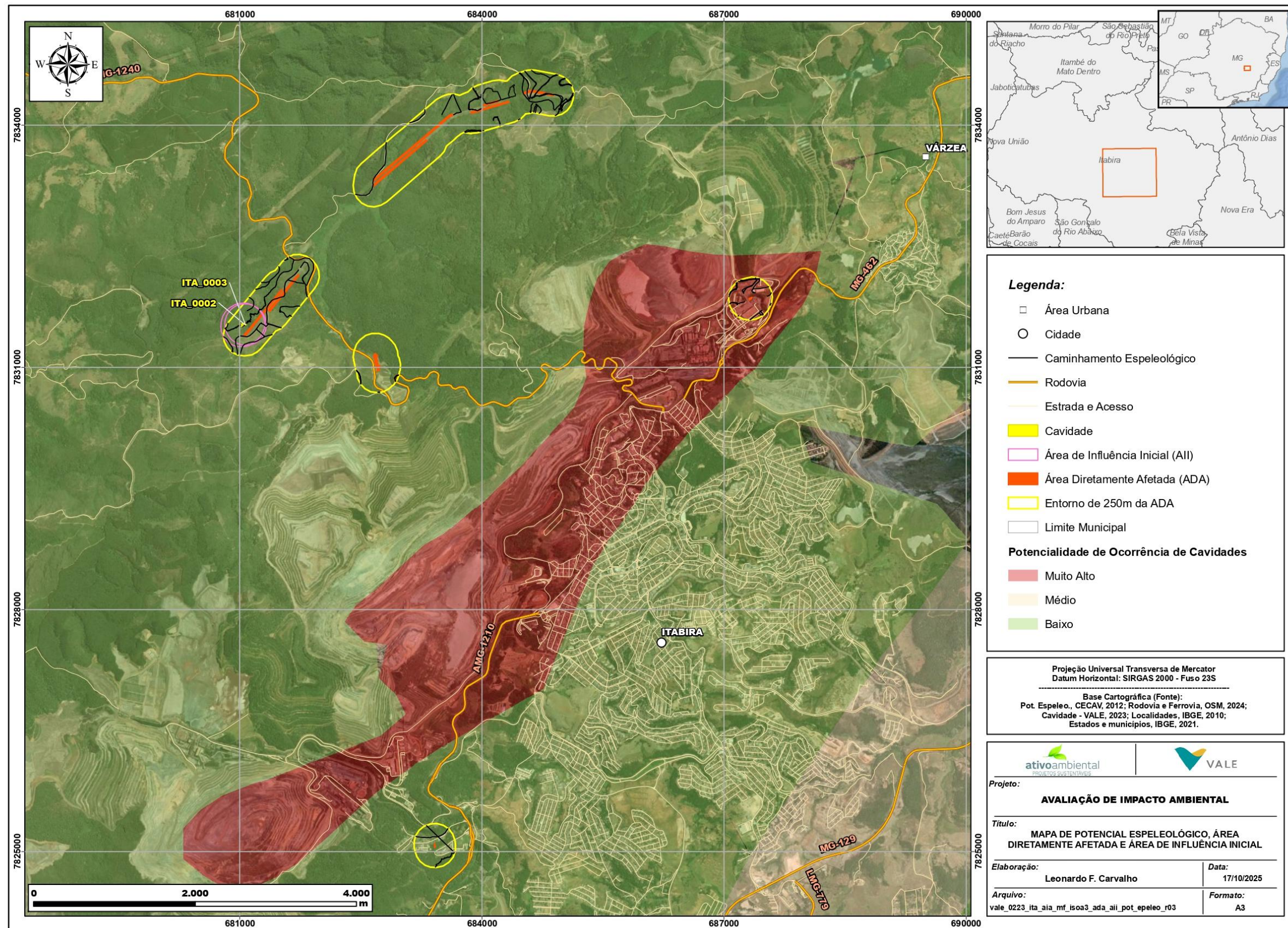
6.1 POTENCIAL ESPELEOLÓGICO

Com base no Mapa de Potencialidade Espeleológica de Jansen *et al.* (2011), a área inserida no contexto geológico da Suíte Borrachudos – constituída predominantemente por gnaisses e granitóides alcalinos – apresenta baixo potencial espeleológico. Essa classificação decorre do caráter maciço e pouco fraturado dessas rochas, cuja baixa solubilidade e limitada porosidade restringem a formação de cavidades naturais de origem epigênica ou hipogênica.

Conforme os parâmetros adotados pelo CECAV/ICMBio, o potencial espeleológico “baixo” indica baixa probabilidade de ocorrência de cavidades naturais subterrâneas, admitindo apenas feições pseudocársticas pontuais associadas a zonas de fraturamento ou tálus localizados. Assim, o contexto litológico e estrutural regional não é favorável ao desenvolvimento de sistemas cavernosos significativos, sendo esperadas apenas pequenas cavidades estruturais, encaixadas em planos de descontinuidade ou blocos abatidos (Mapa 5).

Em atendimento ao Termo de Referência da IS 08/2017 – Anexo II, as atividades de campo compreenderam caminhamento direcionado e sistemático dentro do raio de 250 metros a partir das cavidades identificadas. O traçado da malha de caminhamento, seguiu os critérios técnicos de amostragem espacial e de reconhecimento de feições superficiais definidos pela norma, com priorização de zonas de maior declividade e interfaces litológicas.

Contudo, o adensamento da malha de caminhamento justifica-se pela baixa probabilidade de ocorrência de cavidades naturais subterrâneas na área de estudo, conforme indicado pelo mapeamento de potencial espeleológico regional. Tal abordagem é tecnicamente adequada, uma vez que não estão previstas novas intervenções em áreas naturais, restringindo-se as atividades às faixas já antropizadas e previamente consolidadas pela presença da linha de transmissão. Dessa forma, o esforço amostral foi dimensionado de modo proporcional ao baixo potencial espeleológico e à ausência de alteração de áreas preservadas, mantendo a representatividade e a efetividade do reconhecimento de campo.



Mapa 5: Mapa da ADA (linha de transmissão) e faixa de 250 m ao seu redor (AID), apresentando o potencial espeleológico e as cavidades identificadas na AID.

6.2 DESCRIÇÃO DAS CAVIDADES

As cavidades ITA_0002 e ITA_0003 estão localizadas em drenagem afluyente da microbacia do Córrego Duas Barras, a qual integra a sub-bacia do Rio Tanque e, em nível superior, a bacia hidrográfica do Rio Santo Antônio, que constitui o nível de base local. Ambas as feições apresentam proximidade espacial (aproximadamente 10 metros de distância entre si) e compartilham o mesmo contexto litológico, geomorfológico e hidrológico.

As cavidades estudadas encontram-se em área dominada pela Suíte Borrachudos, formada por metagranitos e metasienogranitos de caráter alcalino, os quais se apresentam maciços, pouco fraturados e de baixa solubilidade, resultando em baixo potencial espeleológico regional. O relevo local é composto por colinas de topos suavemente convexos e vales encaixados sobre rochas granito-gnáissicas. Essas feições contrastam com as cristas estruturais e vertentes ravinadas típicas das zonas mais elevadas do Quadrilátero Ferrífero.

6.2.1 CAVIDADE ITA_0002

A ITA_0002 é a maior cavidade da área e está situada diretamente na calha fluvial de um afluyente do Córrego Duas Barras, mantendo fluxo hídrico perene que percorre seu interior. O desenvolvimento morfológico da cavidade é condicionado à ação erosiva e mecânica do fluxo hídrico sobre o maciço rochoso, responsável pela ampliação e retrabalhamento dos condutos, conforme descrito por Ativo Ambiental (2022) (Figura 4).

A cavidade desenvolve-se em rocha granito-gnáissica, composta por feldspato de textura porfirítica, envolto por matriz fanerítica fina a média formada por quartzo e biotita. O arcabouço exibe orientação incipiente, com leve bandamento mineralógico resultante da biotita orientada, conferindo aspecto gnáissico discreto.

Observam-se depósitos químicos bem distribuídos, com coraloides milimétricos em paredes e teto, estalactites centimétricas, escorrimentos superficiais e pequenas cortinas e microtravertinos. Os depósitos clásticos são de origem predominantemente alóctone, compostos por cones de sedimentos finos, seixos, calhaus e matacões, transportados pelo fluxo hídrico ativo (ATIVO AMBIENTAL, 2022a).

O entorno imediato da cavidade mantém vegetação ripária preservada ao longo da drenagem, atuando como filtro natural e estabilizador microclimático. As áreas adjacentes apresentam uso agropastoril e silvicultura de eucalipto, sem interferência direta sobre a cavidade.

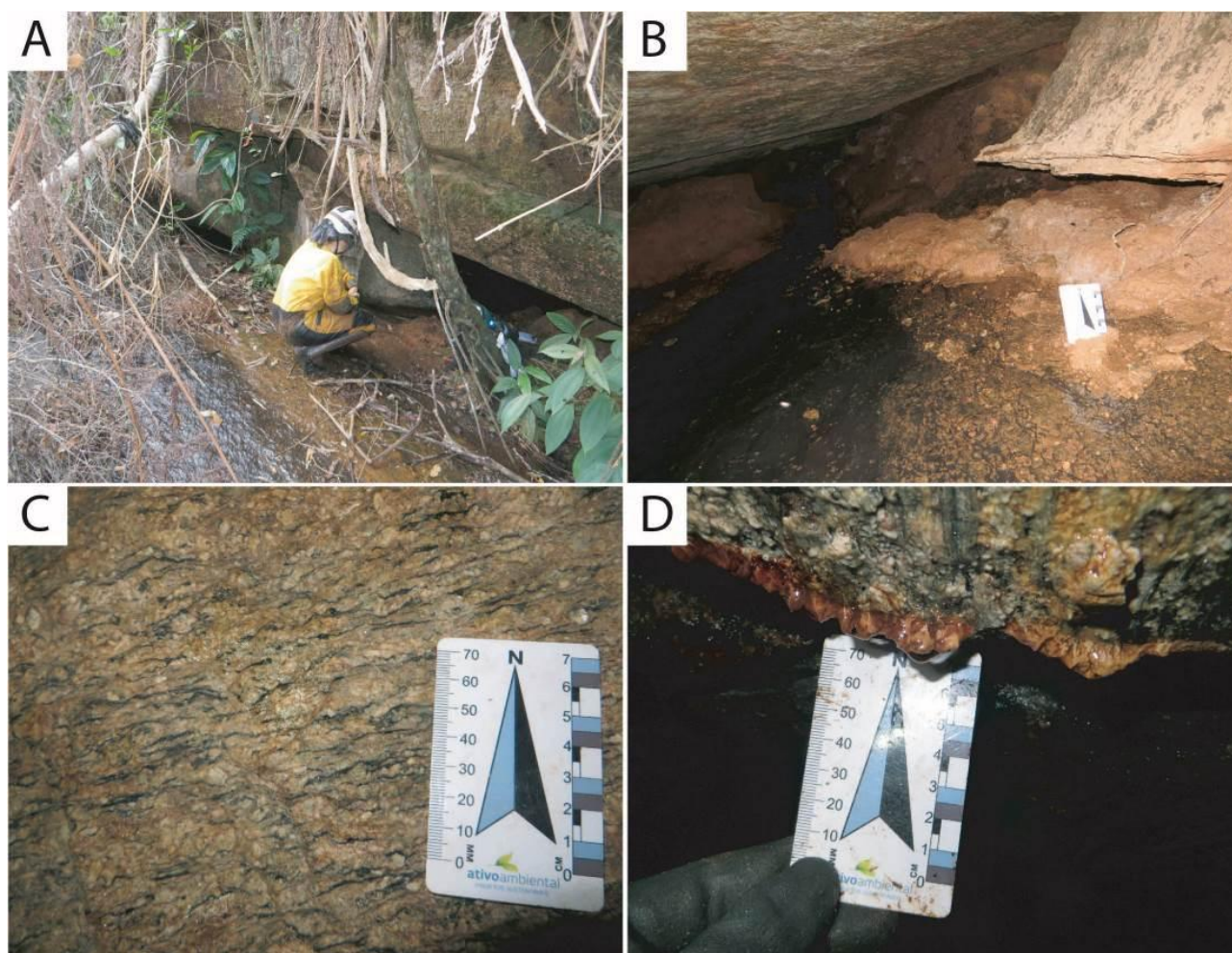


Figura 4: (A) Entrada da cavidade ITA_0002. (B) Vista para o interior da cavidade. (C) Arcabouço rochoso em que a cavidade está inserida e (D) Cortinas centimétricas (ATIVO AMBIENTAL, 2022).

6.2.2 CAVIDADE ITA_0003

ITA_0003 localiza-se cerca de 10 metros a jusante da ITA_0002, no mesmo canal fluvial e sob as mesmas condições geomorfológicas e litológicas. Embora de menores dimensões, compartilha o mesmo regime hídrico perene, com circulação contínua de água superficial no piso da cavidade (Figura 5).

Assim como a ITA_0002, a cavidade está esculpida em granito-gnáissico de granulação média, composto essencialmente por feldspato, quartzo e biotita, com textura inequigranular porfirítica e bandamento incipiente. A disposição das fraturas orienta parcialmente o desenvolvimento dos condutos, com trechos alongados e teto irregular.

A cavidade exibe coraloides e incrustações finas de calcita, embora menos expressivas que na ITA_0002. O material clástico é composto por areias finas e seixos, depositados ao longo do leito hídrico interno. Não foram observadas feições de abatimento ou colapsos, indicando estabilidade estrutural do maciço.

A vegetação acompanha o mesmo padrão da cavidade anterior: faixa ripária preservada ao longo da drenagem e ocupação antrópica restrita ao entorno mais distante, com predomínio de eucaliptais e áreas de pastagem.

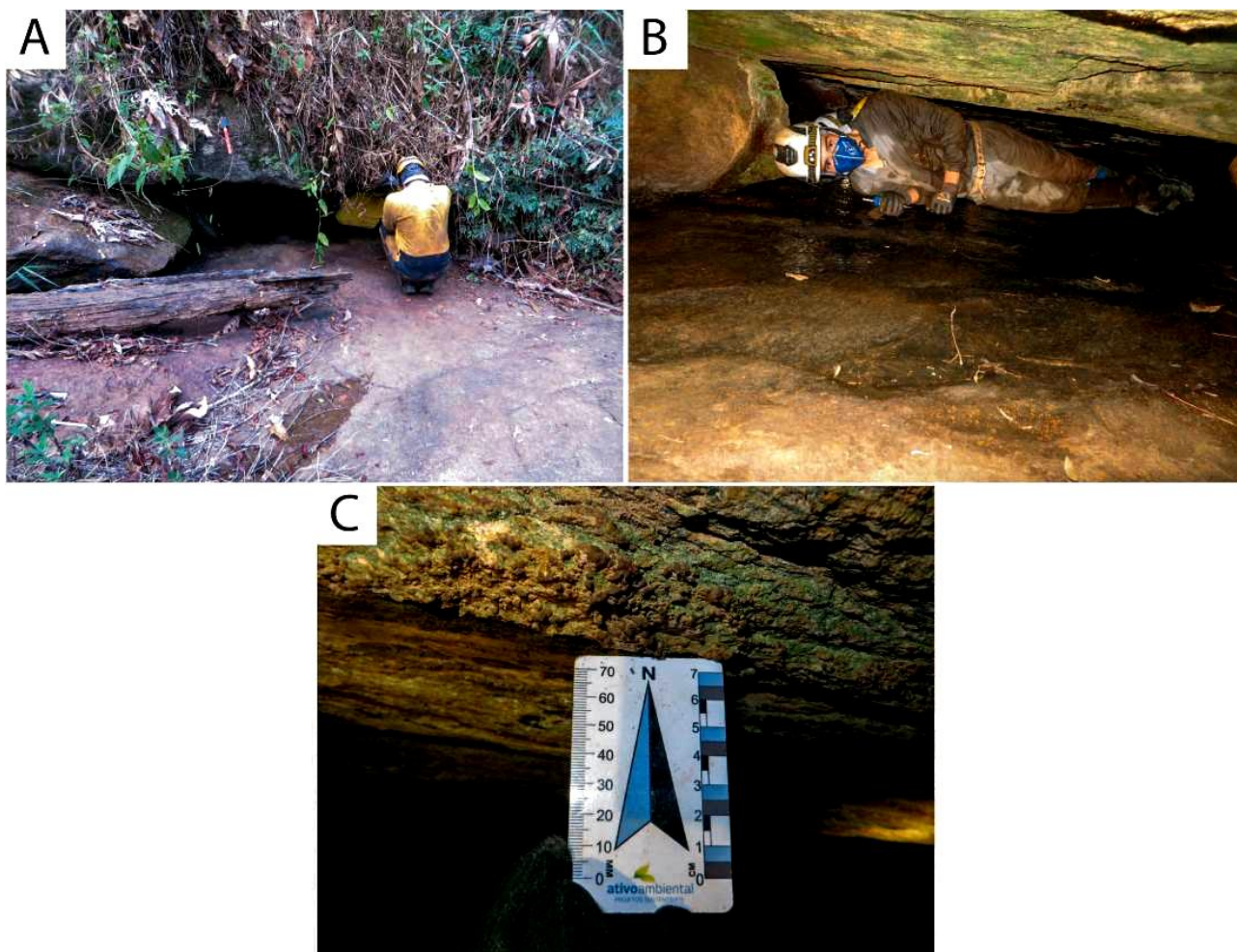


Figura 5: (A) Entrada da cavidade ITA_0003. (B) Vista para o interior da cavidade. (C) Coraloídes milimétricos no teto da cavidade (ATIVO AMBIENTAL, 2022).

7 MATERIAIS E MÉTODOS

7.1 PROCEDIMENTOS DE AVALIAÇÃO DOS IMPACTOS

O procedimento de avaliação de impactos sobre o patrimônio espeleológico se desenvolve em várias etapas e trata da construção de cenários presente e futuro. A base para estabelecer as análises são os diagnósticos ambiental e espeleológico, os limites da área de influência da cavidade, combinados com as atividades do empreendimento identificadas como potencialmente modificadores do ambiente cavernícola.

Tal prática permite conhecer as particularidades do projeto em questão e contribui para a avaliação sobre a viabilidade do empreendimento ou infraestrutura associada em relação ao patrimônio espeleológico, subsidiando a tomada de decisão do órgão licenciador quanto à implantação ou continuidade do processo em pauta. O modelo que exemplifica as etapas de avaliação dos impactos potenciais e reais sobre o patrimônio espeleológico, baseando-se na cadeia de causa e efeito, o que culmina em uma matriz final de impactos está apresentado adiante (Figura 6).

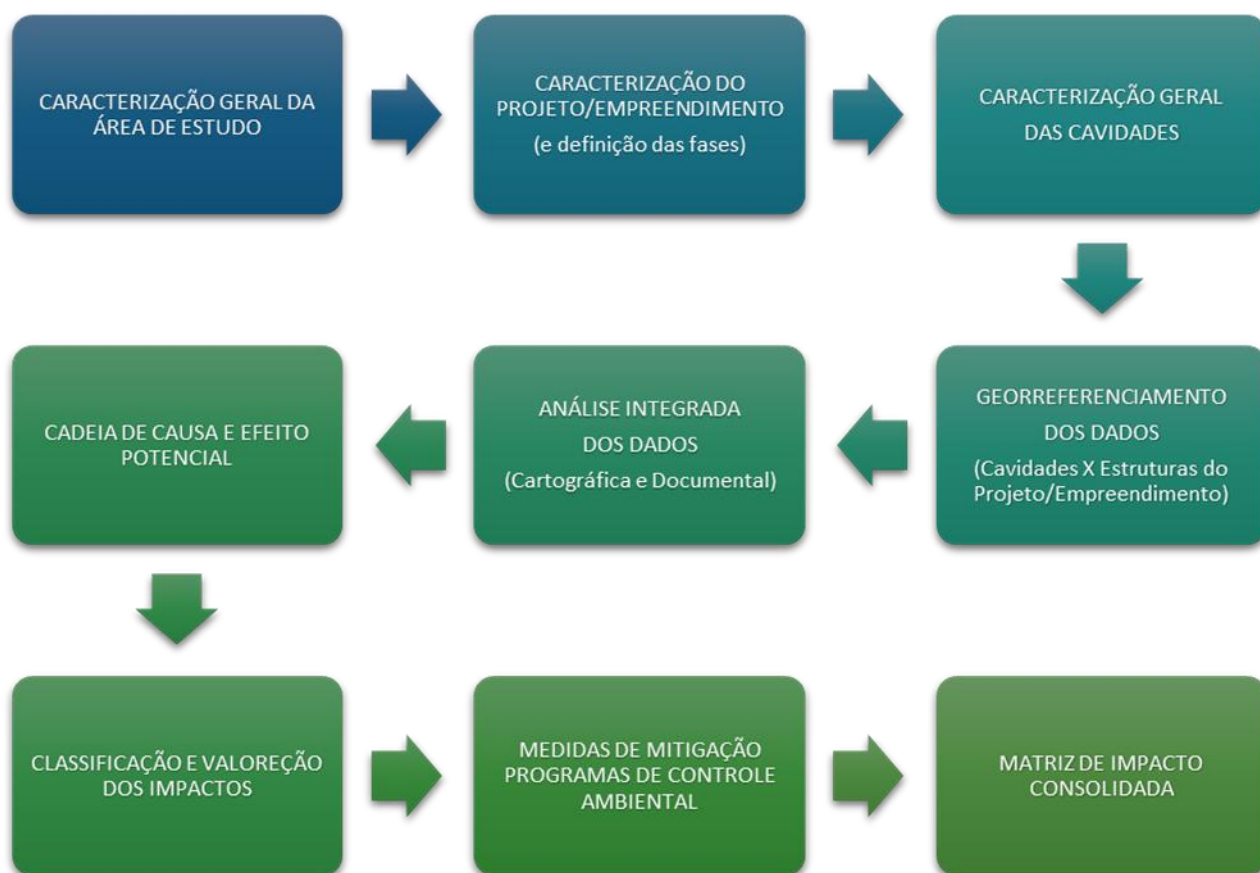


Figura 6: Sequência de etapas realizadas no processo de avaliação dos impactos sobre o patrimônio espeleológico.

Este estudo foi conduzido de acordo com as diretrizes estabelecidas nos principais instrumentos jurídicos vigentes que dispõe sobre a proteção do patrimônio espeleológico nacional e, de modo complementar, sob a luz do “Guia de Boas Práticas Ambientais na Mineração de Calcário em Áreas Cársticas” (SÁNCHEZ e LOBO, 2016) e “Avaliação de Impacto Ambiental – Conceitos e Métodos” (SÁNCHEZ et. al., 2020) e, em linha com as determinações estabelecidas na IS Sisema nº 08/17 Revisão 1. Baseando-se em tais premissas, os impactos foram avaliados nos seguintes contextos:

Escala espacial de análise

- Das cavidades naturais subterrâneas;
- Suas áreas de influência iniciais (formada pela projeção horizontal da cavidade, acrescida de um entorno de 250 metros em forma de poligonal convexa);

Escala de tempo de análise

A avaliação de impactos sobre o patrimônio espeleológico apresentada neste estudo considerou os cenários de operação da obra emergencial. O período de atividades na ADA será somente o tempo para execução de podas e corte seletivo das árvores.

7.1.1 INDICADORES DE VALORAÇÃO

Os indicadores de valoração são todos aqueles que estão associados aos impactos previstos. Para classificá-los foi levado em consideração o cenário mais crítico, ou seja, as fontes com o maior potencial de gerar impactos sobre as cavidades naturais. À vista disso, para balizar as análises e minimizar a subjetividade de certos parâmetros, como boa prática e para efeito deste trabalho, foram estabelecidos 13 critérios de avaliação. A definição de cada um deles é apresentada, a seguir.

- i. **Ocorrência** – refere-se ao grau de certeza de o impacto acontecer.
- ii. **Fase de Ocorrência** – indica em qual momento o impacto irá ocorrer, considerando a etapa temporal de desenvolvimento do projeto em análise.
- iii. **Incidência** – refere-se a forma como o efeito causador do impacto irá se expressa sobre o meio afetado.
- iv. **Natureza** – indica a qualidade ambiental do impacto sobre o meio afetado.
- v. **Reversibilidade** – capacidade do meio afetado se recompor naturalmente (ou com auxílio de programas ambientais) a condições semelhantes às que apresentava antes de ser impactado, objetivando reter sua identidade original (a mesma função, estrutura e dinâmica ecossistêmica).
- vi. **Prazo de Manifestação** – refere-se ao tempo que o impacto leva a acontecer/se manifestar sobre o meio afetado depois de iniciada a ação da fonte que o causou.
- vii. **Duração** – refere-se à percepção relativa do impacto perdurar em espaço de tempo.
- viii. **Temporalidade** – refere-se ao tempo que o impacto permanece sobre o meio afetado.
- ix. **Intensidade** – indica a força/energia/severidade que o impacto é capaz de aplicar sobre o meio afetado.
- x. **Magnitude** – diz respeito a extensão espacial total do impacto, à área de abrangência sobre a qual o impacto age.
- xi. **Importância** – concede a significância do impacto sobre o componente ou recurso afetado, no âmbito da obra/atividade alvo de licenciamento.
- xii. **Sinergia** – capacidade de um determinado impacto interagir e potencializar outro(s) impacto(s) e/ou ser potencializado por outro(s) impacto(s).
- xiii. **Cumulatividade** – impacto que se acumula no tempo ou no espaço, resultando de uma combinação de efeitos decorrentes de uma ou diversas ações, sem estarem necessariamente relacionadas ao mesmo empreendimento e/ou atividade.

Para a classificação de cada critério mencionado acima foi aplicado os seguintes conceitos e respectivos indicadores (Tabela 2 e Tabela 3). No que se refere ao critério de Importância, a classificação foi dada pelo juízo entre os parâmetros Intensidade e Magnitude do impacto, conforme demonstra o Quadro 1.

Tabela 2. Critérios e conceitos aplicados na classificação dos impactos ambientais sobre o patrimônio espeleológico

CRITÉRIO	CLASSIFICAÇÃO	CONCEITO
Ocorrência	Real	Quando não há dúvidas que o impacto irá acontecer.
	Potencial	Quando existe a possibilidade de o impacto acontecer.
Fase de Ocorrência	Planejamento	Fase inicial do projeto que envolve o levantamento e análise de estudos que subsidiarão a elaboração do projeto previsto, podendo ou não haver atividades complementares em campo para o refinamento dos dados.
	Implantação	Refere-se ao momento de preparação da área onde serão implantadas as estruturas previstas (de apoio ou definitivas), seguindo a sequência de evolução das obras.
	Operação	Etapa onde é possível executar/operar tudo aquilo que foi planejado no projeto.
	Desativação	Compreende as atividades necessárias ao fechamento/inativação do projeto.
Incidência	Direta	Quando o efeito passível de acontecer tem ação direta sobre o fator ou parâmetro ambiental afetado e não depende de condições excepcionais para se manifestar.
	Indireta	Quando o efeito passível de acontecer depende de condições/situações específicas para se manifestar sobre o fator ou parâmetro ambiental afetado.
Natureza	Positiva	Quando qualquer modificação do meio apresente melhoria da qualidade a um fator ou parâmetro ambiental afetado.
	Negativa	Quando qualquer modificação do meio resulte na deterioração/degradação da qualidade a um fator ou parâmetro ambiental afetado.
Reversibilidade	Reversível	Intervenção antrópica em cavidade natural subterrânea ou em sua área de influência, que não implique na sua supressão ou no comprometimento de sua integridade e preservação e que seja passível de restauração, de recuperação ou de mitigação (IS 08/2017 - Revisão 1).
	Irreversível	Intervenção antrópica em cavidade natural subterrânea ou em sua área de influência, que implique na sua supressão total ou em alteração parcial não mitigável do ecossistema cavernícola, com o comprometimento da sua integridade e preservação (IN ICMBio nº 1, 2017; IS 08/2017 - Revisão 1).
Prazo de Manifestação	Imediato	Quando o impacto passível de acontecer ocorre simultaneamente ao tempo de ação da fonte que o causou.
	Curto	Quando o impacto passível de acontecer ocorre com uma certa defasagem de tempo em relação a ação que o gerou, porém, se manifesta durante a etapa do projeto que o desencadeou.
	Médio	Quando o impacto passível de acontecer ocorre depois de um certo tempo em relação a ação que o gerou, neste caso, se manifestando na etapa subsequente a do projeto que o desencadeou.
	Longo	Quando o impacto passível de acontecer se manifesta a partir da terceira etapa do projeto que o desencadeou ou em um tempo superior a 10 anos.
Duração	Imediata	Quando o impacto passível de acontecer é interrompido imediatamente após o término da ação que o gerou.
	Curta	Quando o impacto passível de acontecer perdurar por um prazo máximo de até 05 anos.
	Média	Quando o impacto passível de acontecer perdurar entre 05 e 10 anos.
	Longa	Quando o impacto passível de acontecer perdurar por um tempo superior a 10 anos.
Temporalidade	Temporário	Impacto que cessa quando acaba a ação que o causou ou que se manifesta durante uma ou mais fases do projeto e cessa na sua desativação.
	Permanente	Impacto que permanece depois que cessa a ação que o causou, representa uma alteração definitiva de um componente ambiental ou uma alteração que tem duração indefinida.
Intensidade	Desprezível	O impacto causado não é percebido ou verificável, e/ou não altera a qualidade ambiental da área de abrangência considerada (quando comparado ao cenário diagnosticado).
	Baixa	Impacto pouco perceptível ou mensurável, de caráter reversível, sem perdas significativas na qualidade ambiental da área de abrangência considerada (comparado ao cenário diagnosticado).
	Média	Impacto mensurável ou perceptível, de caráter reversível e consequências facilmente notáveis na qualidade ambiental da área de abrangência considerada (comparado ao cenário diagnosticado).
	Alta	Impacto capaz de modificar de forma significativa, qualitativa e quantitativamente, a área de abrangência considerada (comparado ao cenário diagnosticado).
	Muito Alta	Impacto não mitigável que resulte em perdas expressivas ou consequências catastróficas na qualidade ambiental da área de abrangência considerada, estando acima da capacidade do ambiente/comunidade se reestabelecer.
Magnitude	Desprezível	Quando o impacto passível de acontecer ocorre de forma pontual e restrita ao local de origem, sem comprometer ou se manifestar sobre a área avaliada (cavidade ou área de influência).

CRITÉRIO	CLASSIFICAÇÃO	CONCEITO
	Baixa	Quando a manifestação passível de acontecer sobre a área avaliada (cavidade ou área de influência) for inferior à metade da média em relação a dimensão total possível de ocorrer (abaixo de 25%).
	Média	Quando a manifestação passível de acontecer sobre a área avaliada (cavidade ou área de influência) for moderada em relação a dimensão total possível de ocorrer (entre 25-75%).
	Alta	Quando a manifestação passível de acontecer sobre a área avaliada (cavidade ou área de influência) for alta em relação a dimensão total possível de ocorrer (acima de 75%).
Importância	Sem importância	Quando a intensidade e magnitude do impacto forem desprezíveis.
	Pouco importante	Quando a intensidade do impacto for baixa e a magnitude variar de baixa a alta, ou de intensidade média e magnitude baixa.
	Importante	Quando a intensidade do impacto for média e a magnitude média ou alta, ou de intensidade alta e magnitude baixa.
	Muito importante	Quando a intensidade do impacto for alta e a magnitude média ou alta, ou de intensidade muito alta e magnitude baixa.
	Extremamente importante	Quando a intensidade do impacto for muito alta e a magnitude média ou alta.
Sinergia	Sinérgica	Quando o efeito, força ou ação resulte da conjunção simultânea de dois ou mais fatores, de forma que o resultado seja superior aos efeitos causados pelos fatores individualmente, sob as mesmas condições.
	Não Sinérgica	Quando o efeito, força ou ação resulte da conjunção simultânea de dois ou mais fatores, de forma que o resultado não supere os efeitos causados pelos fatores individualmente, sob as mesmas condições.
Cumulatividade	Cumulativo	Impacto que se acumula no tempo ou no espaço e incrementa ações passadas, presentes e futuras sobre o meio afetado.
	Não-cumulativo	Impacto com ação ou evento isolado no tempo ou no espaço e não representa incremento em ações passadas, presentes e futuras sobre o meio afetado.

Tabela 3. Matriz de avaliação de impactos sobre o patrimônio espeleológico

TIPO DE IMPACTO				
CRITÉRIOS	CAVIDADE OU GRUPO DE CAVIDADES			
	Cavidade	Entorno de 250 metros	Área de Influência	
Ocorrência	Real ou Potencial	Real ou Potencial	Real ou Potencial	
Fase de Ocorrência	Planejamento, Implantação, Operação ou Desativação	Planejamento, Implantação, Operação ou Desativação	Planejamento, Implantação, Operação ou Desativação	
Incidência	Direta ou Indireta	Direta ou Indireta	Direta ou Indireta	
Natureza	Positiva ou Negativa	Positiva ou Negativa	Positiva ou Negativa	
Reversibilidade	Reversível ou Irreversível	Reversível ou Irreversível	Reversível ou Irreversível	
Prazo de Manifestação	Imediato, Curto, Médio ou Longo	Imediato, Curto, Médio ou Longo	Imediato, Curto, Médio ou Longo	
Duração	Imediata, Curta, Média, ou Longa	Imediata, Curta, Média, ou Longa	Imediata, Curta, Média, ou Longa	
Temporalidade	Temporário ou Permanente	Temporário ou Permanente	Temporário ou Permanente	
Intensidade	Desprezível, Baixa, Média, Alta, Muito Alta	Desprezível, Baixa, Média, Alta, Muito Alta	Desprezível, Baixa, Média, Alta, Muito Alta	
Magnitude	Desprezível, Baixa, Média ou Alta	Desprezível, Baixa, Média ou Alta	Desprezível, Baixa, Média ou Alta	
Importância	Sem importância, Pouco importante, Importante, Muito Importante ou Extremamente Importante	Sem importância, Pouco importante, Importante, Muito Importante ou Extremamente Importante	Sem importância, Pouco importante, Importante, Muito Importante ou Extremamente Importante	
Sinergia	Sinérgica ou Não Sinérgica	Sinérgica ou Não Sinérgica	Sinérgica ou Não Sinérgica	
Cumulatividade	Cumulativo ou Não-cumulativo	Cumulativo ou Não-cumulativo	Cumulativo ou Não-cumulativo	

Quadro 1. Classificação do critério importância dada pela combinação da intensidade e magnitude do impacto.

Intensidade Magnitude	Desprezível	Baixa	Média	Alta	Muito alta
Desprezível	Sem Importância	Sem Importância	Sem Importância	Sem Importância	Sem Importância
Baixa	Sem Importância	Pouco Importante	Pouco Importante	Importante	Muito Importante
Média	Sem Importância	Pouco Importante	Importante	Muito Importante	Extremamente Importante
Alta	Sem Importância	Pouco Importante	Importante	Muito Importante	Extremamente Importante

8 RESULTADOS

8.1 CADEIA DE CAUSA E EFEITO

A avaliação dos impactos e a construção da cadeia de causa e efeito apresentada neste documento, considerou a relação entre as atividades do projeto citado em relação ao patrimônio espeleológico identificado. As análises foram divididas em duas áreas para avaliação: i) cavidades e ii) área de influência inicial (*buffer* de 250 metros entorno do polígono da cavidade).

Sendo assim, considerando o contexto de inserção das cavidades na paisagem e a localização das atividades previstas, foram avaliados os impactos reais e potenciais sobre o patrimônio espeleológico, na fase de operação. A seguir, são apresentadas as principais estruturas/atividades do projeto, os aspectos ambientais identificados, os impactos potenciais e os respectivos programas de controle ambiental (Tabela 4).

No entanto, cabe ressaltar que as atividades previstas ocorrerão em áreas já antropizadas. Ainda assim, as atividades realizadas nesses locais são descritas neste relatório, juntamente com recomendações de medidas voltadas à mitigação dos potenciais impactos identificados.

Para mitigar e/ou reduzir os possíveis efeitos destes impactos sobre as cavidades em questão, serão adotados os mesmos programas de controle ambiental já praticados na Mina Cauê, ajustado para as especificidades da atividade identificada (Tabela 5).

Tabela 4: Tabela de atividades, aspectos, impactos potenciais identificados e medidas mitigadoras.

OBRA EMERGENCIAL – MINA DE CAUÊ – SUPRESSÃO INDÍVDUOS ARBÓREOS.				
ESTRUTURA	ATIVIDADES	ASPECTOS	IMPACTOS POTENCIAIS	MEDIDAS MITIGADORES/CONTROLE
LINHA DE TRANSMISSÃO (já existente na área)	<ul style="list-style-type: none"> ● Poda/corte de indivíduos arbóreos ● Movimentação de máquinas e veículos ● Movimentação dos trabalhadores 	●Supressão da vegetação: provenientes das atividades de delimitação da faixa e supressão pontual de vegetação	Redução temporária de recursos, como micro-habitats e alimentos	-Realizar corte seletivo; - Remoção somente a vegetação que interfere na linha de transmissão com risco de acidentes; - Executar conforme licenciamento.
		●Geração de resíduos (galhos, troncos, folhas, resíduos sólidos e efluentes sanitários): provenientes das atividades de supressão da vegetação e presença de trabalhadores na área		- Fazer o manejo e destinação adequada da biomassa; - Reaproveitar material lenhoso quando possível; - Proibir queima de resíduos; - Disponibilizar coletores e banheiros químicos; - Realizar coleta e destinação adequada de resíduos e efluentes.
		●Emissão de ruído: devido a operação de máquinas e veículos	Afugentamento da fauna e diminuição da diversidade de espécies.	- Manter equipamentos com manutenção em dia; - Restringir horários de operação; - Utilizar maquinário com silenciadores adequados.

Tabela 5: Programas de mitigação aplicáveis em relação as atividades identificadas no projeto.

PROGRAMAS DE CONTROLE AMBIENTAL	
<ul style="list-style-type: none"> PROGRAMAS 	<ul style="list-style-type: none"> CONTROLE DE SUPRESSÃO VEGETAL CONTROLE DE RUÍDO GERENCIAMENTO DE RESÍDUOS E MANEJO DE BIOMASSA GESTÃO ESPELEOLÓGICA

8.2 RELAÇÃO DO EMPREENDIMENTO COM O PATRIMÔNIO ESPELEOLÓGICO

O empreendimento em análise refere-se a uma atividade emergencial de manutenção de linhas de transmissão de energia elétrica já implantadas, inserida em faixa de domínio previamente consolidada e sem necessidade de implantação de novas estruturas, acessos ou canteiros de obra. As ações previstas se restringem à poda e eventual supressão de indivíduos arbóreos que apresentem risco de contato com os cabos condutores, de modo a garantir a segurança operacional e a continuidade do fornecimento de energia.

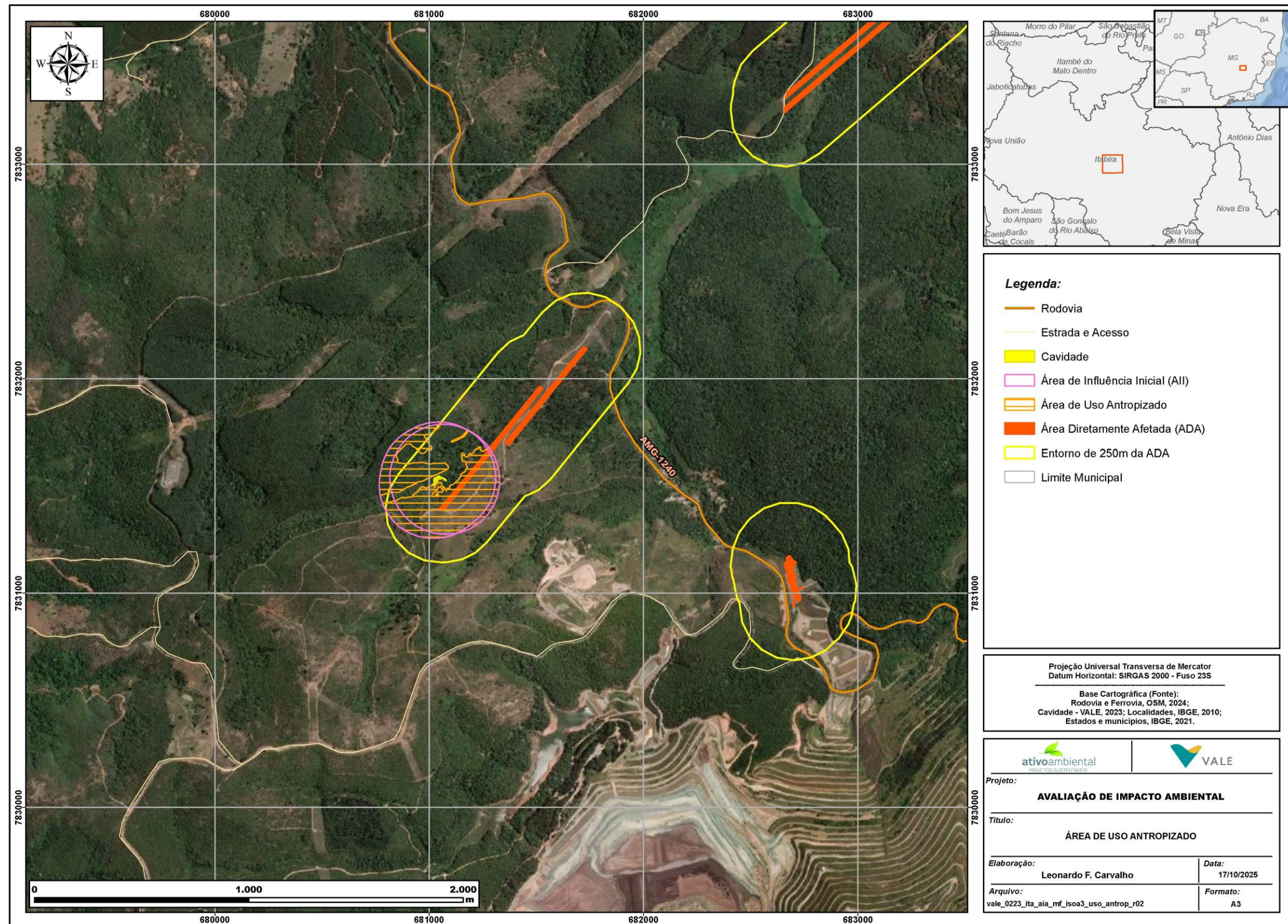
A intervenção, portanto, possui caráter pontual, temporário e não estrutural, não envolvendo movimentação de solo, uso de explosivos, maquinário pesado ou alteração da drenagem superficial. As operações serão realizadas com o uso de motosserras e ferramentas manuais, de forma dirigida, por equipe capacitada e dentro dos limites da faixa de servidão da linha de transmissão existente.

No contexto espeleológico, verifica-se que duas cavidades naturais subterrâneas – ITA_0002 e ITA_0003 – encontram-se dentro do raio de 250 metros (zona de influência normativa definida pela Instrução Normativa ICMBio nº 02/2017) da ADA. A cavidade ITA_0002, classificada como de máxima relevância em função de suas dimensões, situa-se a 89,17 metros da linha de transmissão; a ITA_0003, a 59,63 metros (Mapa 7). Apesar dessa proximidade, a natureza e a escala da intervenção não configuram potencial de impacto direto sobre as cavidades ou suas áreas de influência.

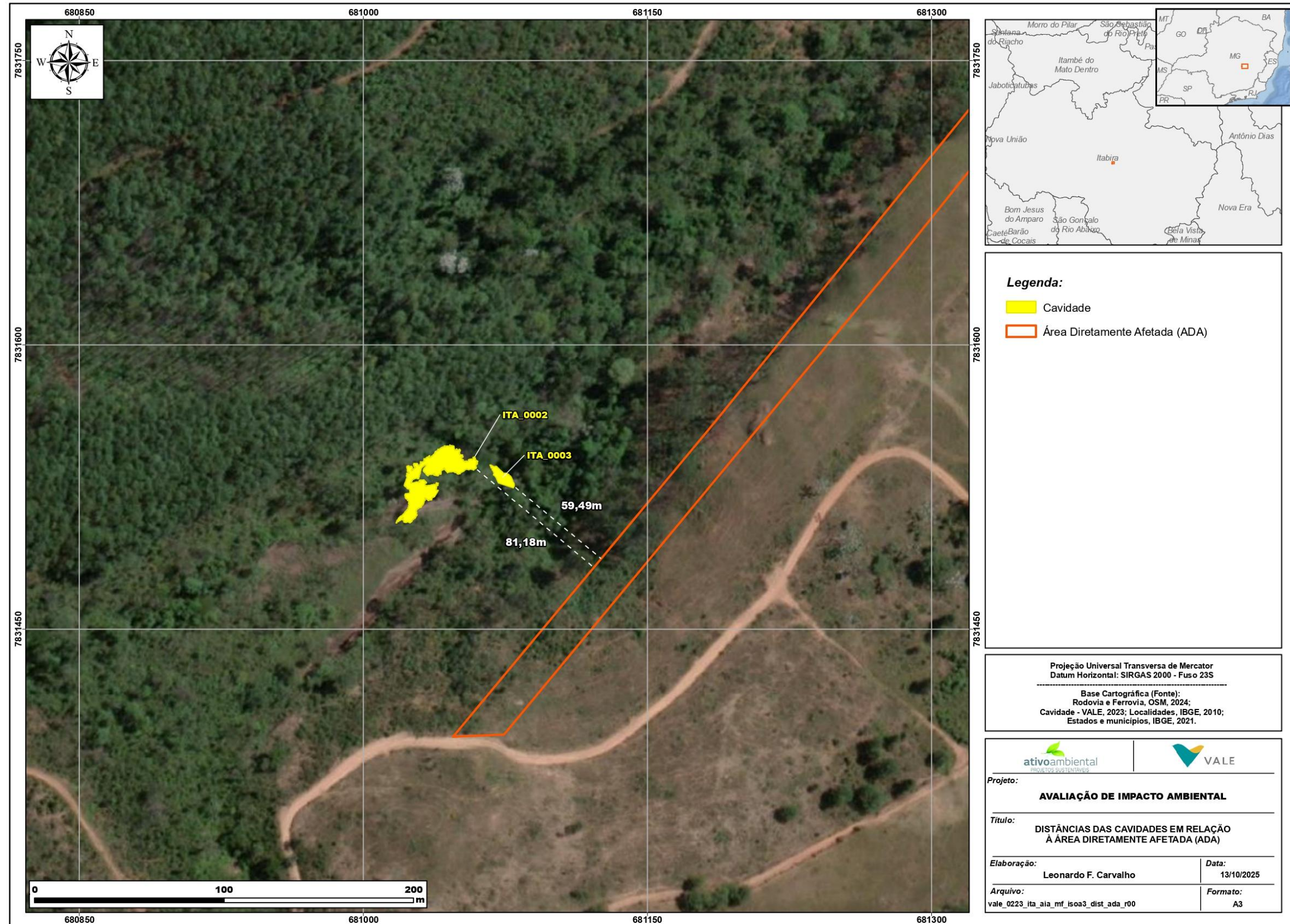
Tal conclusão fundamenta-se em três aspectos técnicos principais:

1. Ausência de interferência física – A obra não prevê escavações, detonações ou vibrações capazes de alterar a estabilidade das cavidades ou sua estrutura litoestrutural.
2. Ausência de alteração ambiental significativa – As ações restringem-se a indivíduos arbóreos isolados, não havendo supressão de fragmentos florestais contínuos nem modificação da cobertura vegetal que exerce função microclimática sobre o entorno das cavidades.
3. Distância e amortecimento natural – As distâncias superiores a 50 metros em relação às cavidades, somadas à presença de vegetação remanescente e relevo irregular, garantem amortecimento físico e microclimático suficiente para afastar qualquer interferência relevante, direta ou cumulativa.

Dessa forma, a linha de transmissão existente não exerce e nem exercerá efeito adverso sobre o patrimônio espeleológico, considerando-se tanto o estado de conservação atual das cavidades ITA_0002 e ITA_0003 quanto a natureza restrita da intervenção emergencial. Ressalta-se, ainda, que não há alteração da cobertura vegetal de porte médio a grande escala, tampouco exposição de solo ou alteração de fluxos hídricos superficiais, fatores geralmente associados a potenciais impactos negativos sobre cavidades naturais subterrâneas e em suas áreas de entorno de 250m (Mapa 6 e Mapa 7 e Tabela 6).



Mapa 6: Áreas antropizadas na área de entorno de 250m das cavidades.



Mapa 7: Distância das cavidades em relação a ADA.

Tabela 6: Classificação do impacto na área de influência espeleológica inicial (AIEI).

ALTERAÇÃO NA ÁREA DE INFLUÊNCIA ESPELEOLÓGICA INICIAL (250m)													
CAVIDADE	Área Entorno 250m	Dist. Cav. Estruturas (ADA)	Área estruturas (ADA)		Área antropizada		Área Caverna		Área impactada Cav.		ALTERAÇÃO TOTAL		CLASSIFICAÇÃO DO IMPACTO NA ÁREA DO ENTORNO DE 250m
	ha		ha	%	ha	%	ha	%	ha	%	ha	%	
ITA_0002	22,96	81,18	0,6868	2,99%	16,2888	70,96%	0,0551	0,24%	0,0000	0,00%	16,2888	70,96%	Magnitude média (entre 25% e 75% da área total) Obs: porém, não haverá novas intervenções.
ITA_0003	20,59	59,49	0,7110	3,45%	14,1534	68,74%	0,0068	0,03%	0,0000	0,00%	14,1534	68,74%	Magnitude média (entre 25% e 75% da área total) Obs: porém, não haverá novas intervenções.

8.3 CLASSIFICAÇÃO E VALORAÇÃO DOS IMPACTOS LEVANTADOS

Com base na análise das atividades e estruturas, foi realizada uma classificação e valoração dos impactos identificados relacionadas ao patrimônio espeleológico, bem como a proposição de medidas de controle e mitigação. Esses resultados foram organizados em uma matriz consolidada dos impactos ambientais, que sintetiza as informações de forma sistemática e abrangente (Tabela 9).

A classificação e valoração dos impactos sobre o patrimônio espeleológico na área de estudo baseou-se na necessidade de otimizar a análise dos potenciais efeitos das atividades planejadas sobre as cavidades subterrâneas. Devido à proximidade espacial das duas cavidades, elas foram objeto de avaliação em conjunto.

8.3.1 MEIO FÍSICO

No âmbito do meio físico, não foram identificados impactos significativos decorrentes da atividade proposta, considerando-se a natureza dos equipamentos empregados e as distâncias das cavidades em relação à área de intervenção. Embora ocorra emissão pontual de ruído/vibração durante o uso das motosserras e demais ferramentas, tais efeitos são de baixa intensidade, curta duração e alcance restrito, não sendo capazes de comprometer a integridade estrutural das cavidades nem de propagar-se de forma significativa ao longo do raio de 250 metros. Assim, conclui-se que as ações previstas não produzem interferências relevantes sobre a estabilidade geológica, a dinâmica sedimentar, hídrica ou as condições físicas do entorno espeleológico.

8.3.2 MEIO BIÓTICO

Com base nos aspectos observados, foram identificados dois possíveis impactos relacionados ao ecossistema cavernícola. A seguir, será detalhada a relação entre esses aspectos e os respectivos impactos. Os programas de controle para mitigar os impactos serão apresentados na Matriz Consolidada e nos tópicos referentes ao Programa de Controle Ambiental.

8.3.2.1 REDUÇÃO TEMPORÁRIA DE RECURSOS NO ENTORNO DAS CAVIDADES

Considerando as práticas previstas para a atividade, o impacto relacionado à redução temporária de recursos no entorno das cavidades foi associado aos seguintes aspectos: supressão da vegetação e geração de resíduos.

A poda ou supressão de indivíduos arbóreos isolados pode causar a redução temporária de recursos, como abrigos e alimentos, no entorno das cavidades, afetando micro-habitats utilizados por espécies troglófilas ou troglóxenas (como morcegos, insetos e aracnídeos) (FERREIRA *et al.*, 1998).

A menor cobertura vegetal pode reduzir o aporte de matéria orgânica (folhas, galhos, frutos), importante para cadeias tróficas subterrâneas (CULVER & PIPAN, 2019). Aumentar a exposição de animais à predação, devido à menor oferta de refúgios na vegetação próxima e de alimentos (BEGON *et al.*, 2020).

Além disso, os resíduos oriundos da poda (galhos, folhas secas, troncos) podem se acumular sobre o solo, elevando o risco de combustão acidental ou espontânea (MIRANDA *et al.*, 2002; COUTINHO *et al.*, 1990). A ocorrência de incêndios, mesmo de pequena magnitude, pode ocasionar a perda da vegetação remanescente e a destruição de micro-habitats utilizados por espécies da fauna epígea – organismos

que habitam a superfície do solo e mantêm interações ecológicas com o ambiente subterrâneo (Frizzo *et al.*, 2013). O fogo pode elevar a temperatura local e produzir fumaça que alcança as entradas das cavidades, alterando o microclima interno (temperatura, umidade e concentração de gases) e ocasionando mortalidade direta de organismos sensíveis, especialmente morcegos e invertebrados cavernícolas. Além disso, tais perturbações podem interromper o fluxo natural de matéria orgânica para o interior das cavernas e provocar alterações temporárias na composição e estrutura da comunidade faunística associada (CULVER & PIPAN, 2019).

No entanto, se a intervenção for pontual e restrita a indivíduos isolados, o impacto tende a não ser significativo e de curta duração, principalmente se não ocorrer nas áreas diretamente associadas às cavidades, como é o caso dessa atividade apresentada. Em síntese, trata-se de um impacto temporário, localizado e reversível, cuja magnitude é desprezível na cavidade e média na área de influência inicial, em função das condições previamente antropizadas, e não da atividade analisada em si. Tal impacto é minimizado por meio de adequado planejamento e da adoção de boas práticas operacionais. A classificação detalhada desses impactos, assim como a relação com as cavidades, suas áreas de influência inicial estão apresentadas na Tabela 7.

Tabela 7: Avaliação do impacto “Redução temporária de abrigo no entorno das cavidades-habitats” | Cavidades ITA_0002 e ITA_0003

REDUÇÃO TEMPORÁRIA DE ABRIGO NO ENTORNO DAS CAVIDADES-HABITATS		
Critérios	Cavidades ITA_0002 e ITA_0003	
	Cavidade	Área de Influência Inicial (buffer de 250m)
Ocorrência	Potencial	Real
Fase de Ocorrência	Operação	Operação
Incidência	Indireta	Direta
Natureza	Negativa	Negativa
Reversibilidade	Reversível	Reversível
Prazo de Manifestação	Curto	Imediato
Duração	Curta	Imediata
Temporalidade	Temporário	Temporário
Intensidade	Desprezível	Baixa
Magnitude	Desprezível	Média
Importância	Sem importância	Pouco importante
Sinergia	Sinérgico	Sinérgico
Cumulatividade	Cumulativo	Cumulativo

8.3.2.2 AFUGENTAMENTO DA FAUNA E DIMINUIÇÃO DA DIVERSIDADE DE ESPÉCIES

No contexto da obra em análise, o afugentamento da fauna e diminuição da diversidade de espécies pode ser relacionado às atividades de operação de máquinas/equipamentos e circulação de veículos, que correspondem às fontes geradoras dos seguintes aspectos ambientais: geração de ruído e vibração.

Durante as atividades de poda e manejo da vegetação, é comum o uso de equipamentos motorizados, como motosserras, roçadeiras e veículos, que produzem ruído, vibração e emissões gasosas. Esses fatores, embora temporários e localizados, podem impactar a fauna cavernícola, particularmente os morcegos, por meio do aumento de níveis sonoros e vibracionais. Tais estímulos podem causar o

afugentamento temporário de indivíduos, principalmente durante o período reprodutivo ou de repouso diurno (LUO *et al.*, 2014; SCHAUB *et al.*, 2008).

Alterações acústicas e vibracionais interferem na ecolocalização e no comportamento de orientação dessas espécies, podendo reduzir a eficiência de forrageamento e provocar desorganização em colônias (BUNKLEY & BARBER, 2015; LUO *et al.*, 2015). Caso o distúrbio seja contínuo ou repetitivo, há risco de abandono temporário da cavidade ou deslocamento de colônias para outros abrigos (ESBÉRARD & BERGALLO, 2008).

A movimentação de pessoas e equipamentos nas proximidades das cavernas também pode causar estresse e fuga de organismos que utilizam micro-habitats próximos às entradas, como insetos, aracnídeos e pequenos vertebrados troglófilos (FERREIRA & HORTA, 2001; SOUZA-SILVA & FERREIRA, 2016). O afugentamento de polinizadores, dispersores e predadores naturais do entorno pode alterar temporariamente as relações ecológicas e o equilíbrio trófico local, reduzindo o fluxo de matéria orgânica para o interior das cavidades. Adicionalmente, o odor e a fumaça de combustão oriundos de equipamentos motorizados podem diminuir a atividade de fauna noturna (SÁNCHEZ *et al.*, 2019), afetando a disponibilidade de recursos alimentares para espécies subterrâneas.

Em síntese, trata-se de um impacto temporário, localizado e reversível, cuja magnitude é desprezível na cavidade e média na área de influência inicial, em função das condições previamente antropizadas, e não da atividade analisada em si. Tal impacto é minimizado por meio de adequado planejamento e da adoção de boas práticas operacionais. A classificação detalhada desses impactos, assim como a relação com as cavidades, suas áreas de influência inicial estão apresentadas na Tabela 8.

Tabela 8: Avaliação do impacto “Afugentamento da fauna e diminuição da diversidade de espécies” | Cavidades ITA_0002 e ITA_0003

AFUGENTAMENTO DA FAUNA E DIMINUIÇÃO DA DIVERSIDADE DE ESPÉCIES		
Critérios	Cavidades ITA_0002 e ITA_0003	
	Cavidade	Área de Influência Inicial (buffer de 250m)
Ocorrência	Potencial	Real
Fase de Ocorrência	Operação	Operação
Incidência	Indireta	Direta
Natureza	Negativa	Negativa
Reversibilidade	Reversível	Reversível
Prazo de Manifestação	Curto	Imediato
Duração	Curta	Imediata
Temporalidade	Temporário	Temporário
Intensidade	Desprezível	Baixa
Magnitude	Desprezível	Média
Importância	Sem importância	Pouco importante
Sinergia	Sinérgico	Sinérgico
Cumulatividade	Cumulativo	Cumulativo

9 PROGRAMAS DE CONTROLE AMBIENTAL

Os programas de controle ambiental têm como objetivo propor medidas que serão adotadas para salvaguardar as cavidades naturais subterrâneas e garantir a manutenção do equilíbrio ecológico e da integridade física deste ambiente no contexto de implantação e operação da obra em questão. Estes

programas estão relacionados a ações estratégicas de prevenção destinadas a eliminar ou reduzir os eventos indesejáveis com capacidade potencial de impactar o patrimônio espeleológico de forma negativa, porém, reversível.

A seguir, serão detalhados os programas de controle dos impactos avaliados sob a perspectiva do Patrimônio Espeleológico. Ressalta-se que algumas medidas já são adotadas pela Mina de Cauê, pertencente à Vale S.A., como o controle de ruído e vibração e continuarão a ser executadas.

Adicionalmente, outras ações específicas deverão ser implementadas de forma rigorosa para garantir a preservação espeleológica. A efetiva aplicação dessas ações será crucial para evitar impactos adversos que possam comprometer a integridade dos ecossistemas cavernícolas e os serviços ambientais associados a essas cavidades, principalmente a cavidade ITA_0002, classificada como de relevância máxima.

9.1 PROGRAMA DE CONTROLE DE SUPRESSÃO VEGETAL

Este programa tem por objetivo assegurar que as intervenções na vegetação ocorram de forma controlada, seletiva e conforme as autorizações ambientais vigentes, evitando a remoção desnecessária de indivíduos e prevenindo impactos sobre a fauna associadas.

As ações previstas visam minimizar a perda de cobertura vegetal, conservar micro-habitats e manter as condições ecológicas locais, especialmente nas proximidades de cavidades naturais.

As medidas de controle e boas práticas a serem adotadas incluem:

- Realizar corte seletivo da vegetação, priorizando apenas os indivíduos estritamente necessários à execução da atividade;
- Evitar remoções desnecessárias, preservando exemplares de interesse ecológico e mantendo a estrutura vegetal do entorno;
- Executar todas as ações em conformidade com as condicionantes e autorizações do licenciamento ambiental;
- Garantir o manejo e a destinação adequada da biomassa resultante (galhos, troncos e resíduos), evitando acúmulo indevido e risco de incêndio.

A implementação deste programa contribuirá para reduzir os efeitos da supressão sobre a fauna cavernícola, assegurando o cumprimento da legislação ambiental e das boas práticas de manejo sustentável.

9.2 PROGRAMA DE CONTROLE DE RUÍDO/VIBRAÇÃO

Este programa tem por objetivo controlar as emissões sonoras e de vibração decorrentes das atividades previstas, mitigar os impactos prognosticados e assegurar a manutenção da qualidade ambiental e do conforto acústico nas áreas de influência direta e indireta do empreendimento.

Durante a etapa de operação, a geração de ruído e vibrações está associada ao tráfego de veículos e à operação de máquinas e equipamentos individuais (motosserra) utilizados nas vias de acesso e áreas de intervenção.

As principais medidas de controle a serem adotadas incluem:

- Manutenção preventiva e regulação adequada de veículos, máquinas e equipamentos, garantindo o bom estado de conservação e funcionamento;
- Cumprimento rigoroso dos limites de velocidade estabelecidos pela VALE, de forma a minimizar ruído, vibrações e dispersão de partículas;
- Orientação das equipes operacionais quanto à importância da redução de ruídos e à adoção de boas práticas ambientais.

9.3 PROGRAMA DE GERENCIAMENTO DE RESÍDUOS E MANEJO DE BIOMASSA

Este programa tem por objetivo garantir o manejo ambientalmente adequado da biomassa vegetal e dos resíduos sólidos e líquidos gerados durante as atividades do empreendimento, prevenindo a contaminação do solo, da água e do ar, além de evitar desconfortos ambientais e riscos à fauna local.

As ações previstas visam promover o reaproveitamento de materiais, reduzir a geração de resíduos e assegurar sua destinação final adequada, em conformidade com a legislação ambiental vigente e as boas práticas de sustentabilidade.

As medidas de controle e boas práticas incluem:

- Fazer o manejo e destinação adequada da biomassa proveniente das podas e cortes seletivos, evitando acúmulo indevido e risco de incêndio;
- Reaproveitar o material lenhoso sempre que possível, destinando-o para uso controlado (como tutores, estacas, cercamentos ou compostagem);
- Proibir expressamente a queima de resíduos de qualquer natureza nas áreas de intervenção;
- Disponibilizar coletores adequados para segregação e armazenamento temporário dos diferentes tipos de resíduos (orgânicos, recicláveis e rejeitos);
- Instalar banheiros químicos para atendimento das equipes de trabalho, garantindo conforto e higiene;
- Realizar a coleta e destinação final adequada de resíduos e efluentes, por meio de empresas licenciadas ou sistemas autorizados pelos órgãos ambientais competentes.

A adoção deste programa contribui para manter a integridade ambiental da área de influência, evitar a poluição difusa e promover o cumprimento das exigências legais e das boas práticas operacionais.

9.4 GESTÃO ESPELEOLÓGICA

Trata-se de ações estratégicas e preventivas que visam a preservação do patrimônio espeleológico. Nesse caso, as atividades envolverão:

- Suporte estratégico no planejamento do projeto, indicando e direcionando as medidas de controle e métodos mais adequados em cada fase/atividade;

- Demarcação e sinalização permanente do perímetro de proteção da cavidade, de modo a orientar as frentes de serviço para não avançarem em direção às áreas de proteção das cavidades.

10 MATRIZ CONSOLIDADA DE IMPACTOS AMBIENTAIS

Ao final da Análise de Impactos, foram prognosticados dois impactos ambientais, ambos relacionados ao meio biótico. Os impactos identificados e valorados apresentam caráter negativo, porém são considerados reversíveis tanto para as cavidades quanto para suas respectivas áreas de influência. A matriz consolidada sintetiza as atividades do projeto em análise, seus aspectos e impactos, além da classificação e valoração desses impactos. Também estão apresentados os Programas de Controle Ambiental, fundamentais para a aplicação das medidas de mitigação propostas. (Tabela 9).

Tabela 9: Matriz consolidada da avaliação de impactos ambientais.

Estruturas	Atividades	Aspectos Ambientais	Impacto	Cavidade	Área Avaliada	INDICADORES DE VALORAÇÃO DO IMPACTO													Programas
						Ocorrência	Fase	Incidência	Natureza	Reversibilidade	Prazo de Manifestação	Duração	Temporalidade	Intensidade	Magnitude	Importância	Sinergia	Cumulatividade	
LINHA DE TRANSMISSÃO (já existente na área)	PODA/CORTE DE INDIVÍDUOS ARBÓREOS (manutenção da vegetação próxima a linhas de transmissão)	Supressão da vegetação; Geração de resíduos (galhos, troncos, folhas, resíduos sólidos e efluentes sanitários)	Redução temporária de recursos, como micro-habitats e alimentos	ITA_0002 e ITA_0003	Cavidade	Potencial	Operação	Indireta	Negativa	Reversível	Curto	Curta	Temporário	Desprezível	Desprezível	Sem importância	Sinérgico	Cumulativo	PROGRAMA DE CONTROLE DE SUPRESSÃO VEGETAL e PROGRAMA DE GERENCIAMENTO DE RESÍDUOS E MANEJO DE BIOMASSA
					Entorno de 250m	Real	Operação	Direta	Negativa	Reversível	Imediato	Imediata	Temporário	Baixa	Média	Pouco importante	Sinérgico	Cumulativo	
		Emissão de ruído	Afastamento da fauna e diminuição da diversidade de espécies	ITA_0002 e ITA_0003	Cavidade	Potencial	Operação	Indireta	Negativa	Reversível	Curto	Curta	Temporário	Desprezível	Desprezível	Sem importância	Sinérgico	Cumulativo	PROGRAMA DE CONTROLE DE RUÍDO
					Entorno de 250m	Real	Operação	Direta	Negativa	Reversível	Imediato	Imediata	Temporário	Baixa	Média	Pouco importante	Sinérgico	Cumulativo	

11 CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

A análise realizada permite concluir que a atividade em questão, correspondente a uma obra emergencial de manutenção da vegetação que interfere com as linhas de transmissão de energia elétrica já instaladas, não apresenta potencial de impacto negativo significativo (irreversível) sobre o patrimônio espeleológico local. As atividades previstas se restringem à poda e à supressão pontual de indivíduos arbóreos isolados que oferecem risco de contato com os cabos condutores, sendo executadas com o uso de motosserras e ferramentas manuais, sem movimentação de solo, uso de explosivos ou implantação de novas estruturas.

A área de intervenção situa-se dentro do raio de 250 metros de duas cavidades naturais cadastradas – ITA_0002, de máxima relevância, e ITA_0003, ambas associadas ao contexto litológico dos gnaisses da Suíte Borrachudos, que conferem baixo potencial espeleológico regional, conforme mapeamento de Jansen *et al.* (2011). As distâncias entre as cavidades e a linha de transmissão (89,17 m e 59,63 m, respectivamente), aliadas à natureza não invasiva da atividade, não configuram qualquer possibilidade de interferência física, microclimática ou hidrológica.

Adicionalmente, a área de atuação não abrange fragmentos florestais consolidados, mas apenas indivíduos arbóreos isolados. Dessa forma, a eventual supressão não implica alterações significativas na cobertura vegetal, no sombreamento ou na umidade local. Assim, não foram identificadas condições que possam provocar modificações irreversíveis no regime de infiltração, na estabilidade estrutural ou nas condições ecológicas das cavidades ITA_0002 e ITA_0003. Foram prognosticados apenas dois impactos potenciais com possibilidade de ocasionar alterações pontuais no meio biótico das áreas de influência; entretanto, ambos são considerados de baixa significância em relação às cavidades. Ainda assim, são propostas medidas mitigadoras com o objetivo de garantir que as atividades sejam executadas de forma ambientalmente adequada e controlada.

Dessa forma, considerando o caráter emergencial, restrito e controlado da intervenção, a ausência de impactos diretos identificáveis e o contexto litológico de baixa suscetibilidade à espeleogênese, conclui-se que o empreendimento é ambientalmente compatível com a preservação do patrimônio espeleológico local. As ações propostas não afetam a integridade, funcionalidade ou entorno das cavidades naturais existentes, não sendo necessária a proposição de medidas compensatórias ou de monitoramento específicas sob o ponto de vista espeleológico.

12 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT, 2004. Sistemas de Gestão Ambiental Requisitos com orientações para uso - ABNT NBR ISO 14001:2004 – 27 p.

ATIVO AMBIENTAL. Proposta de área de influência de duas cavidades naturais subterrâneas: Projeto Mina Cauê. Itabira: Vale S.A., jul. 2022.

BARR T.C. 1968. Cave ecology and the evolution of troglobites. In: Evolutionary biology. Springer US, 35-102.

BERNARD E. & FENTON M.B. 2002. Species diversity of bats (Mammalia: Chiroptera) in forest fragments, primary forests, and savannas in central Amazonia, Brazil. Canadian Journal of Zoology, 80(6): 1124-1140.

BRASIL, Resolução CONAMA nº 001, de 23 de janeiro de 1986 que dispõe sobre a Política Nacional de Meio Ambiente.

BRASIL, Resolução CONAMA nº 347, de 10 de setembro de 2004, que dispõe sobre a proteção do patrimônio espeleológico.

BRASIL, Decreto nº 10.995, de 14 de março de 2022.

BRASIL, 2008. Decreto Presidencial nº 6.640, de 07 de novembro de 2008, que dispõe sobre a proteção de cavidades naturais subterrâneas existentes no território Nacional.

BUNKLEY, J. P., & BARBER, J. R. (2015). Noise reduces foraging efficiency in two bat species with contrasting hearing ability. Animal Behaviour, 100, 1–5.

CENTRO NACIONAL DE PESQUISA E CONSERVAÇÃO DE CAVERNAS – CECAV, 2011. III Curso de Espeleologia e Licenciamento Ambiental. 197 p.

CHEMALE Jr., F. (1987). *Gênese das rochas graníticas do tipo Borrachudos*. In: Congresso Brasileiro de Geoquímica, 1., Porto Alegre. Anais... SBG, p. 171–186.

CLIMATEMPO, 2022. Climatologia e histórico de previsão do tempo em Rio Piracicaba, BR. <https://www.climatempo.com.br/climatologia/3975/riopiracicaba-mg> acesso em nov. de 2024.

COUTINHO, L. M. (1990). Fire in the ecology of the Brazilian cerrado. In: Goldammer, J. G. (Ed.), Fire in the Tropical Biota. Springer.

CULVER, D. C.; PIPAN, T. The Biology of Caves and Other Subterranean Habitats. 2. ed. Oxford: Oxford University Press, 2019.

DORR, J. V. N. & BARBOSA, A. L. M. (1963). *Geology and ore deposits of the Itabira District, Minas Gerais, Brazil*. Washington: U.S. Geological Survey, Professional Paper 341-C, 110 p.

DOSSIN, I. A.; DOSSIN, T. M.; CHARVET, J. (1993). *The Proterozoic structural evolution of Espinhaço Region, Southeastern Border of the São Francisco Craton (Minas Gerais, Brazil)*. E.U.G. VII, Strasbourg, Abstract p. 315.

- DRUMMOND, G.M., MARTINS, C.S., MACHADO, A.B.M., SEBAIO, F.A. & ANTONINI, Y. 2005. Biodiversidade em Minas Gerais: um Atlas para sua conservação. 2 ed. Fundação Biodiversitas, Belo Horizonte.
- ESBÉRARD, C. E. L., & BERGALLO, H. G. (2008). Roosting behavior of bats in Southeastern Brazil: Seasonal variation and influence of habitat structure. *Biota Neotropica*, 8(1), 85–90.
- FAIMON J; TROPPOVA D; BALDIK V; NOVOTNY R (2012). Air circulation and its impact on microclimatic variables in the Cisařska Cave (Moravian karst, Czech Republic). *Int. J. Climatol.* 32, 599–623.
- FERNÁNDEZ-CORTÉS A; CALAFORRA J.M; SÁNCHEZ-MARTOS F; GISBERT J (2006). Microclimate processes characterization of the giant geode of Pulpí (Almería, Spain): technical criteria for conservation. *International Journal of Climatology*, v.26, p.691-706.
- FERREIRA, R. L., & MARTINS, R. P. (1998). Diversity and distribution of subterranean invertebrates in Brazilian caves. *Biotropica*, 30(4), 579–587.
- FERREIRA, R. L. & MARTINS, R. P. 1999. Guano de morcegos: fonte de vida nas cavernas. *Ciência Hoje* (25):34- 40.
- FERREIRA, R. L., & HORTA, L. C. S. (2001). Natural and human impacts on invertebrate communities in Brazilian caves. *Revista Brasileira de Biologia*, 61(1), 7–17.
- FORMAN R.T.T; ALEXANDER L.E (1998). *Roads and their major ecological effects*. *Annual Review of Ecology and Systematics* 29: 207-231.
- FRIZZO, T. L. M., & VASCONCELOS, H. L. (2013). Effect of fire on the abundance of litter-dwelling arthropods in a Neotropical savanna. *Biotropica*, 45(4), 482–490.
- GILLIESON, D.S. 1996. Caves: processes, development and management. Blackwell Publishers. Oxford. 324 pp.
- GROSSI-SAD, J. H.; DOSSIN, T. M.; DOSSIN, I. A.; CHEMALE JR., F. (1990b). *Geologia e evolução estrutural da região de Guanhanes, MG*. In: Congresso Brasileiro de Geologia, 36., Belo Horizonte. Anais... SBG, p. 171–185
- HERZ, N. (1970). *The Petí phase of the Borrachudos Granite, Minas Gerais, Brazil*. *Geological Society of America Bulletin*, 81(9): 2677–2688.
- IGAM, Instituto Mineiro de Gestão de Águas -. *Bacias hidrográficas de Minas Gerais*. . Belo Horizonte: SISEMA, Infraestrutura de Dados Espaciais do Sistema Estadual de Meio Ambiente e Recursos Hídricos. Disponível em: <<http://idesisema.meioambiente.mg.gov.br/>>.
- LUETSCHER M; JEANNIN P.Y (2004). Temperature distribution in karst systems: the role of air and water fluxes. *Terra Nova*, v.16, n.6, p.344-350.
- LUO, J., CLARIN, B.-M., BORISSOV, I., & SIEMERS, B. M. (2014). Are torpid bats immune to anthropogenic noise? *Journal of Experimental Biology*, 217(6), 1072–1078.
- MARTINS, F. B., GONZAGA, G., REBOITA, M. S. Classificação climática de köppen e de thornthwaite para minas gerais: cenário atual e projeções futuras. *Revista Brasileira de Climatologia*. Ano 14, Nov. 2018. DOI: 10.5380/abclima.v1i0.60896.

MAPBIOMAS. Método de degradação. Disponível em: <https://brasil.mapbiomas.org/metodo-degradacao/>. Acesso em: 20 de novembro de 2024;

MINAS GERAIS, 2017. Instrução de Serviço (IS) SISEMA Nº08/2017 – Revisão 01. Procedimentos para análise dos processos de licenciamento ambiental de empreendimentos e de atividades efetiva ou potencialmente causadoras de impactos sobre cavidades naturais subterrâneas. Belo Horizonte, 05/10/2018. 37p.

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE, 2003. Fragmentação de Ecossistemas: causas, efeitos sobre a biodiversidade e recomendações de Políticas Públicas. Brasília, MMA/SBF, 2003. 100p.

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE, 2017. INSTRUÇÃO NORMATIVA Nº 2, DE 30 DE AGOSTO DE 2017. Define a metodologia para a classificação do grau de relevância das cavidades naturais subterrâneas, conforme previsto no art. 5º do Decreto no 99.556, de 1º de outubro de 1990. Diário Oficial da União – Seção 1, Nº 169, sexta-feira, 1 de setembro de 2017. 3 páginas. ISSN 1677-7042.

MIRANDA, H. S., BUSTAMANTE, M. M. C., & MIRANDA, A. C. (2002). The Fire Factor. In: Oliveira, P. S., & Marquis, R. J. (Eds.), The Cerrados of Brazil: Ecology and Natural History of a Neotropical Savanna. Columbia University Press.

MURCIA, C., 1995, Edge effects in fragmented forests: implications for conservation. Trends Ecol. Evol., 10:58-62.

PLUMMER W.T (1969). Infrasonic resonances in natural underground cavities. J. Acoust. Soc. Am. 46, 1074–1080.

SÁNCHEZ, L. E., & LOBO, H. A. S. (2016). Guia de boas práticas ambientais na mineração de calcário em áreas cársticas.

SÁNCHEZ, L. E. *et al.* Environmental noise and its effects on terrestrial fauna: A review. Environmental Pollution, v. 247, p. 145–157, 2019.

SÁNCHEZ, L. E. (2020). Avaliação de impacto ambiental: conceitos e métodos. Oficina de textos.

SETE SOLUÇÕES E TECNOLOGIA AMBIENTAL, 2020. Estudo de Impacto Ambiental Projeto de Sondagem Geológica Rio Piracicaba 2. Relatório Técnico Não Publicado – 838 p.

SKET B. 2008. *Can we agree on an ecological classification of subterranean animals?* Journal of Natural History 42:1549-1563.

SCHAUB, A., OSTWALD, J., & SIEMERS, B. M. (2008). Foraging bats avoid noise. Journal of Experimental Biology, 211(19), 3174–3180.

SOUZA-SILVA, M.; FERREIRA, R. L. Cave fauna monitoring and the importance of surrounding habitats. In: MOLDOVAN, O. T.; KOVÁČ, L.; HALSE, S. A. (Eds.). *Cave Ecology*. Springer, 2016.

TRAJANO, E., & BICHUETTE, M. E. (2010). Diversity of Brazilian subterranean invertebrates, with a list of troglomorphic taxa. Subterranean Biology, 7, 1–16.

TUTTLE, M. D. (2003). Bat ecology and conservation. Bat Conservation International.

13 ANEXOS

<u>ANEXO A</u> ART'S E CTF'S
<u>ANEXO B</u> DADOS GEOESPACIAS
<u>ANEXO C</u> DOCUMENTOS UTILIZADOS