

AVALIAÇÃO DE IMPACTOS AMBIENTAIS
PROPOSTA DE PRESERVAÇÃO DO PATRIMÔNIO ESPELEOLÓGICO
RPPN FAZENDA VOLTA DA TROPA



Ana Paula Bueno, MsC

Fabiana Fabri, MsC

Belo Horizonte, março de 2018

EMPRESA RESPONSÁVEL PELO RELATÓRIO

Carste Ciência e Meio Ambiente
 CNPJ: 08.000.418/0001-00
 Rua Aquiles Lobo, 297 – Floresta
 Belo Horizonte, MG
 CEP: 30.350-160
www.carste.com.br – (31) 2517-6800

**EMPRESA RESPONSÁVEL PELO PROJETO**

Anglo American Minério de Ferro Brasil S.A.
 CNPJ: 02.359.572/0003-59
 Fazenda Jardim, s/n°, São Sebastião do Bom Sucesso
 Conceição do Mato Dentro, MG
 CEP: 35.868-000
 Contato: Gilcimar Oliveira – (31) 98131-3907

TÉCNICO	FORMAÇÃO/REGISTRO PROFISSIONAL	RESPONSABILIDADE NO RELATÓRIO
Ana Paula Bueno da Silva	Bióloga CRBio 62.303/04	Trabalho de campo, elaboração da análise de impacto
Augusto Sarreiro Auler	Geólogo CREA 72.076D	Coordenação geral
Beatriz Hadler Boggiani	Geóloga CREA 5.069.686.434	Trabalho de campo
Christie Martins Ferreira Morais	Bióloga CRBio 57.776/04	Trabalho de campo
Fabiana Pena Fabri	Geógrafa CREA 138.567D	Trabalho de campo, elaboração da análise de impacto
Gustavo Oliveira Celestino	Geógrafo CREA 192.489D	Revisão de cartografia espeleológica
Lígia Maria Saback Moreira	Bióloga CRBio 93.308/04	Revisão da análise de impacto
Marina Martins Bento	Bióloga CRBio 087.884/04	Trabalho de campo
Marina Ribeiro Leão	Geógrafa CREA 144.354D	Trabalho de campo, revisão da análise de impacto
Michele Oliveira Santos	Bióloga CRBio 76.016/04	Trabalho de campo
Rafael Igino Ferreira Cruz	Geógrafo CREA 177.057D	Coordenação e elaboração cartográfica
Tatiana Aparecida Rodrigues de Souza	Geógrafa CREA 132.603D	Trabalho de campo



Sugestão de citação: CARSTE CIÊNCIA E MEIO AMBIENTE 2017 Avaliação de impactos ambientais e proposta de preservação do patrimônio espeleológico - RPPN Fazenda Volta da Tropa, MG. Relatório Técnico. 83 p

RESUMO EXECUTIVO

Este documento objetiva apresentar a avaliação de impacto sobre o patrimônio espeleológico e respectivas medidas de controle e monitoramento ambiental referentes a área alvo de compensação ambiental do empreendimento Projeto Extensão da Mina do Sapo, empreendimento Sistema Minas-Rio, de responsabilidade da empresa Anglo American.

Tal área abarca os limites Fazenda Volta da Tropa, localizada no município de Morro do Pilar/Minas Gerais e, após a regularização fundiária, será enquadrada como unidade de conservação de uso sustentável na categoria de Reserva Particular de Patrimônio Natural (RPPN).

Ressalta-se que foram analisadas somente as feições definidas como cavernas pelo órgão ambiental através do Auto de Fiscalização N° 133818/2017 e que tiveram avaliação da análise de relevância, conforme Parecer Único 1375747/2017, ambos emitidos pela SEMAD, referentes ao processo 00472/2007/008/2015.

Este relatório está estruturado da seguinte forma: primeiramente é apresentado o *embasamento metodológico* contendo a contextualização da área de estudo e apontando as etapas e procedimentos envolvidos na análise de impactos. Em seguida, apresenta-se a *análise de impactos ao patrimônio espeleológico*, onde são listados e discutidos todos os impactos observados nas cavernas, junto ao cenário atual da paisagem no que tange aos possíveis impasses à preservação do patrimônio espeleológico. Por fim são sugeridos *planos de monitoramento e mitigação espeleológica*, que apresentam propostas de controle para os impactos identificados.

Ao todo foram estudadas 57 cavidades e suas respectivas áreas de entorno. Destaca-se que em 41 cavidades foram observados impactos relacionados tanto ao meio físico quanto ao meio biótico. Tais impactos foram, em sua maioria, relacionado às atividades de exploração de recursos minerais e à ocupação antrópica da área que continuamente acarreta em diversas alterações ambientais. Verifica-se que de forma geral, os impactos elencados nas cavidades foram classificados como de natureza negativa, de caráter temporário e reversível, com efeitos cumulativos e, conseqüentemente, de magnitude moderada. Somente duas cavidades foram categorizadas impacto irreversível e, portanto, de alta magnitude.

A proposição de planos de controle foi feita de acordo com o levantamento dos impactos e medidas mitigadoras elencadas no estudo assim como aquelas ações de revitalização e monitoramento já previstas no Plano de Gestão da futura RPPN Fazenda Volta da Tropa.

Conclui-se que, diante da relevância da área no que tange aos aspectos hídricos, florísticos e arqueológicos, entende-se que a implementação de uma unidade de conservação certamente trará benefícios ao patrimônio espeleológico em questão.

RESUMO COLOQUIAL

Os estudos de avaliação de impactos resultaram em 39 cavernas impactadas reversivelmente e duas irreversivelmente. Para todas as outras, nenhum impacto foi verificado.

RESUMO GRÁFICO

57 cavidades
alvo de estudo

41 cavidades
impactadas

16 cavidades

2 cavidades
com impactos
irreversíveis

39 cavidades
com impactos
reversíveis

sem registro de
impactos

Visitação

Intervenção na
vegetação

Exploração de recursos minerais/
Ocupação antrópica

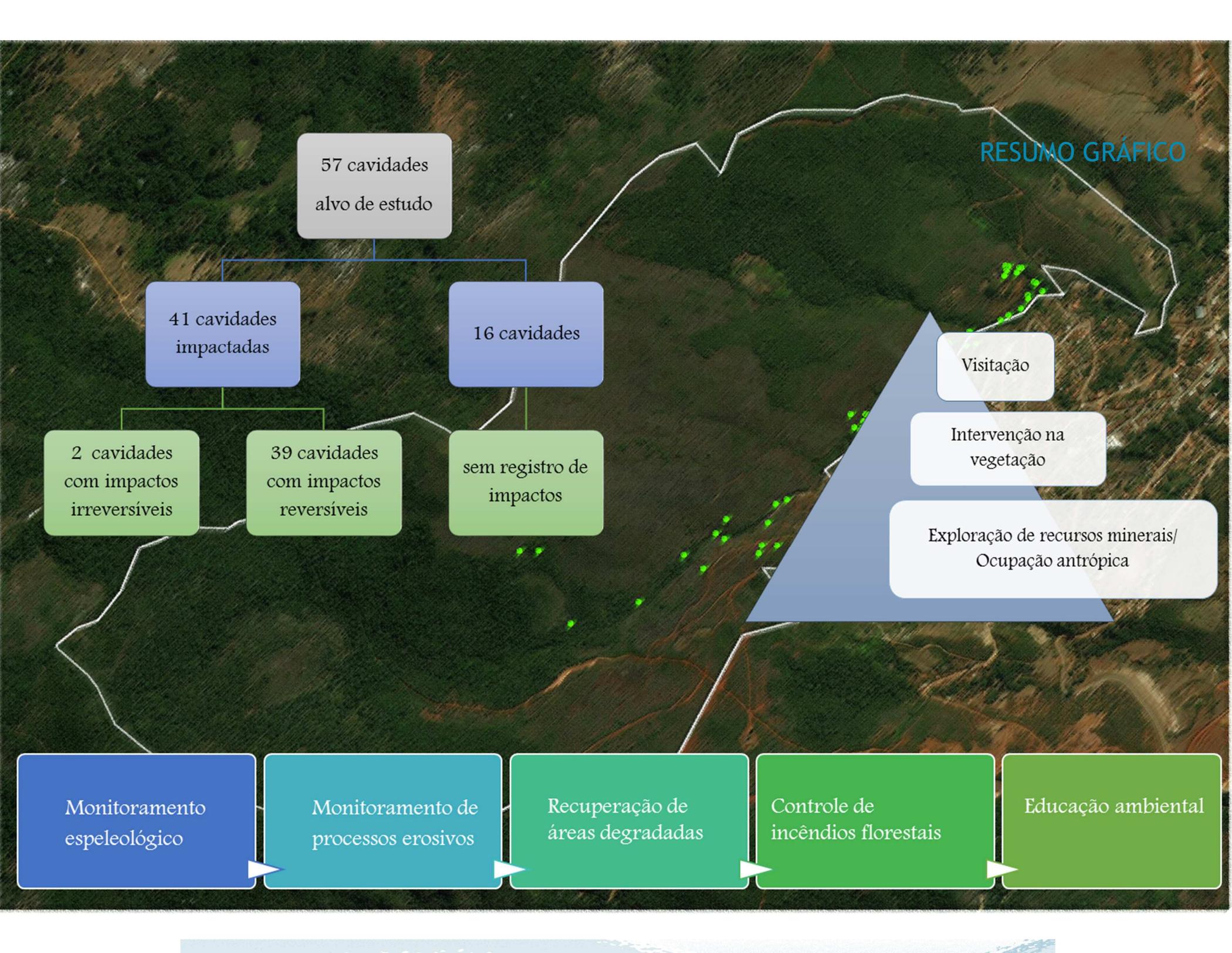
Monitoramento
espeleológico

Monitoramento de
processos erosivos

Recuperação de
áreas degradadas

Controle de
incêndios florestais

Educação ambiental



SUMÁRIO

sumário.....	3
Lista de figuras.....	4
Lista de tabelas	6
Lista de quadros	6
Introdução	7
Embasamento metodológico	8
Área de estudo	8
Atividades de campo.....	13
Classificação de impactos ambientais.....	13
Proposição de medidas mitigadoras	15
Avaliação de impactos ao patrimônio espeleológico	15
Cenário de impactos nas cavidades	15
Alteração da dinâmica sedimentar	16
Alteração da dinâmica hídrica subterrânea	27
Impacto visual	28
Alteração de habitats e micro-habitats.....	32
Alteração no aporte e/ou na disponibilidade de recursos tróficos	36
Alteração no microclima das cavidades	38
Alteração na estruturação das comunidades da fauna	40
Caracterização geral dos impactos espeleológicos.....	40
Matriz de avaliação de impactos.....	45
Caracterização da paisagem no contexto de impactos espeleológicos	49
Caracterização das ottobacias 1 e 2.....	51
Caracterização da ottobacia 3	53
Caracterização da ottobacia 4	58
Caracterização das ottobacias 5, 6 e 7	63
Planos de controle ambiental.....	68
Programa de monitoramento espeleológico.....	69
Plano de manejo espeleológico	69
Programa de monitoramento de processos erosivos no entorno das cavidades....	73
Programa de recuperação de áreas degradadas	74
Programa de controle de incêndios florestais	75
Programa de educação ambiental	75

Considerações finais.....	76
Referências bibliográficas	77

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Localização das cavidades em estudo em relação ao limite proposto para a implantação da RPPN.....	12
Figura 2. Estrada não pavimentada localizada à jusante da cavidade SPT-0458 (a). A área circulada na figura (a) indica a localização de depressões artificiais e acúmulo de material no interior e entorno das mesmas (b; c). As linhas pontilhadas em (a) ilustram os escoamentos superficiais através dos acessos. Em (d) observa-se presença de sedimentos removidos ao longo das trilhas 19	
Figura 3. Localização das cavidades SPT-0471 (a) e SPT-0466 (b)	20
Figura 4. Depósito alóctone de material cascalhento na entrada da cavidade SPT-0458 (a); Trilha de pessoas e animais à montante da cavidade SPT-0458, como fonte de material identificado em sua entrada da SPT-0458 (b); Depósito alóctone de material cascalhento na entrada da cavidade SPT-0471 (c); Trilha de acesso à SPT-0471 (d).....	21
Figura 5. Cone de sedimentos finos alóctones identificados na cavidade SPT-0466 (a). Contexto de inserção da cavidade SPT-0466 com acesso não pavimento à montante (b)	22
Figura 6. Banco de sedimentos alóctones, predominantemente finos na cavidade SPT-0432 (a). Cavidade SPT-0433 com depósito arenoso de coloração branca de origem alóctone, que se difere do sedimento autóctone de cor vermelha (b).....	22
Figura 7. Pontos de exfiltração de água na parede distal da cavidade SPT-0471, a partir de dois canalículos indicados na figura (setas brancas), e marcas avermelhas de escorrimento (indicada pela linha tracejada), junto à parede e logo abaixo dos canalículos (a); Cano que transporta água captada do interior da cavidade SPT-0471 para a parte externa (b); Blocos remobilizados e concentrados em conduto da cavidade SPT-0471 (c)	23
Figura 8. Mapa cavidade SPT-0471 com a localização do cano, de lixo e blocos remobilizados...24	
Figura 9. Empilhamento de blocos que redireciona fluxo de água e barra parcialmente o aporte de sedimentos alóctones no interior da caverna (a). Parte dos sedimentos que permanece acumulado ao longo do barramento (b)	25
Figura 10. Exemplos de cavidades nas quais foram identificados empilhamentos na forma de “muros de pedras”: SPT-0328 (a) e SPT-0513 (b); Marcas de material removido na parede da cavidade SPT-0306, possivelmente pela atividade de exploração mineral pretérita (c); Depósitos redistribuídos de forma dispersa na cavidade SPT-0306 (d)	26
Figura 11. Porção não alterada da cavidade SPT-0346, na qual predominam sedimentos de granulometria fina (a); Sedimentos grosseiros gerados pela atividade de exploração mineral (b).	27
Figura 12. Marcas de ferramenta nas cavidades SPT-0397 (a) e SPT-0503 (b), como evidência de alteração morfológica decorrente da atividade de exploração mineral	29
Figura 13. Localização de novo conduto na cavidade SPT-0397 (a) e das marcas ferramentas (ponto vermelho) geradas SPT-0503 (b)	30
Figura 14. Entrada da cavidade SPT-0328 (a); Presença de lixo identificada na cavidade SPT-0328 (b) por visitação; Contexto de inserção (encosta com ocupação humana) da cavidade SPT-0404 (c); Presenç�a de lixo na cavidade SPT-0404 (d).....	31
Figura 15. Fatores contribuintes para a alteração de habitats e micro-habitats: fluxo de carreamento de sedimento proveniente de acesso não pavimentado no entorno da cavidade SPT-0471 (a); saco de juta contendo sedimentos alóctones no interior da cavidade SPT-0432 (b);	

conduto e pequeno represamento, escoras e blocos remobilizados na cavidade SPT-0397 (c); empilhamento de blocos na cavidade SPT-0500 (d).....	34
Figura 16. Remobilização de blocos para uso da água na cavidade SPT-0471 (a); teia de Araneae em garrafa de vidro observada na cavidade SPT-0440 (b); exemplo de marca de pisoteio no piso da cavidade SPT-0370 (c), conformando-se como elementos causadores da modificação de habitats subterrâneos	35
Figura 17. Intervenção na vegetação relativa à: extração de recursos minerais, com a remoção vegetacional. As setas vermelhas indicam o material revolvido na entrada da cavidade SPT-0306 (a). Troncos queimados e vegetação em regeneração no entorno da cavidade SPT-0316 (b).	37
Figura 18. Intervenção na vegetação relativa à ocupação antrópica com presença de estruturas: edificações no entorno imediato da cavidade SPT-0404(a); curral no entorno da cavidade SPT-0577 (b); cano e caixa d'água no entorno da cavidade SPT-0326, com a localização indicada pela seta branca (c).	37
Figura 19. Intervenção na vegetação de entorno imediato, relativa à ocorrência de vegetação de pequeno porte (gramíneas), com efeitos no microclima das cavidades SPT-0499 (a), SPT-0437 (b), SPT-0476/497 (c) e SPT-0433 (d).	39
Figura 20. Proporção de cavidades com registro de impacto e sem registro de impacto	41
Figura 21. Cavidades com registro de impactos. Agrupamento decorrente da quantidade de alterações em cada ambiente avaliado	43
Figura 22. Classificação geral dos impactos identificados nas cavidades em análise	44
Figura 23. Síntese dos elementos causadores de impactos nas cavidades da Fazenda Volta da Tropa	44
Figura 24. Localização das cavidades segundo as ottobacias do córrego do Pilar	50
Figura 25. Limites das ottobacias 1 e 2, bem como a localização cavidades em estudo	52
Figura 26. Limite da ottobacia 3 e localização cavidades em estudo	54
Figura 27. Caixa d'água instalada no entorno da cavidade SPT-0326 (a). Cano instalado em frente à cavidade SPT-0328 (b); Localização das cavidades SPT-0326 (base da vertente) e SPT-0471 (próxima à margem direita) em relação às feições erosivas associadas à barragem.	57
Figura 28. Vista para o interflúvio que divide a porção sudeste da ottobacia 3 e a área de ocupação. Nota-se presença de uma estrutura de encanamento no topo e no entorno imediato da cavidade SPT-0538 (a); Presença de encanamento e cercas no topo da porção sudeste da ottobacia 3	58
Figura 29. Limite da ottobacia 4 e localização cavidades em estudo	59
Figura 30. Entorno imediato preservado da cavidade SPT-0370 (a); “muros de pedras” próximo à entrada da cavidade SPT-0363 (b); presença abundante de gramíneas no entorno da cavidade SPT-0476/0497 (c); resíduo sólido depositado pelo córrego do Pilar no entorno da cavidade SPT-0430.	61
Figura 31. Contexto de inserção da cavidade SPT-0404 em encosta com presença de edificações e trilhas e resíduos sólidos gerados pelos moradores (a); esgoto sendo ejetado das casas diretamente das casas no córrego do Pilar, em trecho próximo à cavidade SPT-0404.	63
Figura 32. Limite das ottobacias 5, 6 e 7, bem como a localização cavidades em estudo	65
Figura 33. Presença de cerca no entorno da cavidade SPT-0440 (a); Presença de edificação e depósito de material de construção no entorno da cavidade SPT-0444 (b).	67
Figura 34. Presença de galinheiro à montante da cavidade SPT-0432 (a); cultura de animais no entorno da cavidade SPT-0577 (b); piscicultura à montante da cavidade SPT-0433 (c)	68

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Cavidades inseridas da área de implantação da futura RPPN Fazenda Volta da Tropa.. 9
Tabela 2. Ocorrência de impactos por cavidade avaliada.....41

LISTA DE QUADROS

Quadro 1. Pesos atribuídos aos critérios temporalidade, reversibilidade e sinergia para determinação da magnitude do impacto15
Quadro 2. Síntese de registro de impactos nas cavidades avaliadas.....16
Quadro 3. Registro dos elementos indicadores da ocorrência do impacto “alteração da dinâmica sedimentar” nas cavidades de estudo.....17
Quadro 4. Registro dos elementos indicadores da ocorrência do impacto “alteração da dinâmica hídrica subterrânea” nas cavidades de estudo.....27
Quadro 5. Registro dos elementos indicadores da ocorrência do “impacto visual” nas cavidades de estudo.....28
Quadro 6. Registro dos elementos indicadores da ocorrência do impacto “Alteração de habitats e micro-habitats” nas cavidades em estudo.....32
Quadro 7. Registro dos elementos indicadores da ocorrência do impacto “alteração na disponibilidade e/ou aporte de recursos tróficos” nas cavidades em estudo36
Quadro 8. Registro dos elementos indicadores da ocorrência do impacto “alteração no microclima das cavidades”.....38
Quadro 9. Registro dos elementos indicadores da ocorrência do impacto “alteração na estruturação das comunidades da fauna” nas cavidades em estudo40
Quadro 10. Aspectos relacionados à alteração da paisagem da ottobacia 3, bem como possíveis impactos nas cavidades55
Quadro 11. Caracterização do entorno das cavidades localizadas na vertente da margem esquerda do córrego do Pilar.....60
Quadro 12. Aspectos relacionadas à alteração da paisagem da ottobacia 4, bem como possíveis impactos nas cavidades61
Quadro 13. Aspectos relacionadas à alteração da paisagem das ottobacias 5, 6 e 7, bem como possíveis impactos nas cavidades66
Quadro 14. Ações necessárias para a recuperação de áreas degradadas no entorno de cavidades impactadas na área da futura implantação da RPPN Fazenda Volta da Tropa74

INTRODUÇÃO

O presente estudo visa apresentar a avaliação de impacto sobre o patrimônio espeleológico e respectivas medidas de controle e monitoramento ambiental referentes à uma das áreas alvo de compensação ambiental do empreendimento Projeto Extensão da Mina do Sapo, empreendimento Sistema Minas-Rio, de responsabilidade da empresa Anglo American. Tal área abrange os limites Fazenda Volta da Tropa, localizada no município de Morro do Pilar/Minas Gerais e, após a regularização fundiária, será enquadrada como unidade de conservação de uso sustentável na categoria de Reserva Particular de Patrimônio Natural (RPPN).

A avaliação de impacto ambiental sobre o patrimônio espeleológico tem como base a solicitação realizada em Parecer Único SEMAD N° 1375747/2017 em condicionante 27 que determina:

“Atualizar e apresentar, conforme recomendações deste parecer único, Programa de Revitalização da área de Morro do Pilar - Fazenda Volta da Tropa. O programa deve ser executado após aprovação do órgão ambiental, conforme cronograma a ser aprovado”

No âmbito espeleológico, as recomendações citadas na condicionante supracitada referem-se à apresentação de diagnóstico detalhado da área, contendo o status e as condições de todas as cavidades; as ações de recuperação ambiental das cavidades e do seu entorno, das benfeitorias que serão desativadas, dos animais e do lixo dentro das cavidades e no entorno que deverão ser retirados; e apresentação de plano de manejo da RPPN proposta, incluindo preservação do patrimônio espeleológico.

O atual documento irá subsidiar a composição do Plano de Gestão de Áreas Protegidas da futura RPPN Fazenda Volta da Tropa, através da apresentação do panorama atual de impactos nas cavidades e recomendações voltadas à preservação do patrimônio espeleológico alvo de estudo.

Apesar de não se tratar especificamente de área alvo de licenciamento ambiental, tomou-se como diretriz legal, a Instrução de Serviços (IS) SISEMA 08/2017, de 05 de junho de 2017, que dispõe sobre procedimentos acerca dos estudos espeleológicos nos processos de licenciamento ambiental em Minas Gerais, no caso de empreendimentos e atividades efetiva ou potencialmente causadores de impacto sobre cavidades naturais subterrâneas. Baseou-se principalmente no fato de que tal norma administrativa, apresenta o conceito de “intervenção sobre cavidade natural subterrânea”, assim como orientações acerca da “avaliação de impactos sobre cavidades”.

EMBASAMENTO METODOLÓGICO

A metodologia utilizada para a avaliação dos impactos reais sobre o patrimônio espeleológico da Fazenda Volta da Tropa foi desenvolvida a partir da análise crítica dos indicadores estabelecidos na Instrução de Serviços (IS) SISEMA 08/2017, abrangendo três etapas:

- * Identificação em campo dos impactos atuais em cavidades e na área que ganhará *status* de RPPN;
- * Classificação dos impactos em relação aos parâmetros empregados (natureza, temporalidade, reversibilidade, sinergia e magnitude);
- * Proposição de medidas de mitigação e de controle ambiental, incluindo o monitoramento espeleológico.

Cabe ressaltar que foram incluídas na presente análise, somente aquelas feições definidas como cavernas pelo órgão ambiental através do Auto de Fiscalização N° 133818/2017 e que tiveram avaliação da análise de relevância, conforme Parecer Único 1375747/2017, ambos emitidos pela SEMAD, referentes ao processo 00472/2007/008/2015.

ÁREA DE ESTUDO

A Fazenda Volta da Tropa, área futura da implantação da RPPN, apresenta em seu contexto espeleológico, 57 cavidades já contempladas com estudos espeleológicos. A tabela apresenta a lista de cavidades e respectivos pares de coordenadas, espeleometria, litologia e grau de relevância (Tabela 1). Destaca-se que todas as cavidades estão inseridas em rochas ferríferas.

Tabela 1. Cavidades inseridas da área de implantação da futura RPPN Fazenda Volta da Tropa

Cavidade	WGS 84 - UTM E (m)	WGS 84 - UTM N (m)	Altitude (m)	PH (m)	Desnível (m)	Área (m ²)	Volume (m ³)	Altura da entrada (m)
SPT-0305	669802	7874363	685	3,3	1,3	1,8	1	1,1
SPT-0306	669339	7873832	815	23,1	4,7	42,3	37	0,8
SPT-0311	669130	7873828	799	29,0	9,9	93,0	82	1,5
SPT-0316	669221	7873890	733	177,0	21,5	409,6	394	1,3
SPT-0319	669244	7873872	816	10,8	1,4	19,8	9	0,9
SPT-0326	669392	7873968	775	15,7	6,5	61,5	66	1,9
SPT-0328	669418	7873979	770	31,3	6,0	141,6	179	2,0
SPT-0344	668725	7873839	871	10,3	2,2	46,0	31	1,0
SPT-0346	668814	7873642	816	11,7	1,5	24,1	16	0,8
SPT-0351	668672	7873838	885	20,9	3,7	101,9	55	0,6
SPT-0360	669005	7873700	797	5,6	0,3	5,4	4	1,0
SPT-0363	669653	7874196	726	8,6	2,4	13,0	14	1,4
SPT-0369	669679	7874169	699	5,8	0,9	9,3	9	1,4
SPT-0370	669616	7874145	714	21,3	7,4	27,6	47	6,3
SPT-0371	669676	7874175	711	12,9	1,8	19,6	12	0,9
SPT-0377	669719	7874221	692	11,9	3,1	24,5	24	2,0
SPT-0393	669799	7874303	695	11,0	2,6	13,0	9	0,7
SPT-0396	669881	7874379	652	8,6	2,6	18,6	25	1,4
SPT-0397	669873	7874405	885	22,3	5,6	87,2	133	2,0
SPT-0400	669918	7874400	666	7,1	2,3	11,1	8	1,4
SPT-0403	669867	7874410	667	6,2	1,3	16,3	12	1,5
SPT-0404	669947	7874406	663	43,6	9,1	119,8	101	2,7
SPT-0413	669928	7874438	653	8,8	2,3	22,7	20	1,4

Cavidade	WGS 84 - UTM E (m)	WGS 84 - UTM N (m)	Altitude (m)	PH (m)	Desnível (m)	Área (m ²)	Volume (m ³)	Altura da entrada (m)
SPT-0421	670015	7874470	640	10,7	2,3	34,6	57	3,3
SPT-0425	670038	7874484	639	6,4	2,1	17,7	14	0,8
SPT-0430	669732	7874248	707	3,6	1,0	5,6	3	1,5
SPT-0431	670072	7874501	636	6,1	1,3	27,9	35	2,3
SPT-0432	670132	7874548	636	13,2	2,3	62,8	73	2,7
SPT-0433	670092	7874538	617	11,7	1,5	26,8	22	1,1
SPT-0434	670074	7874612	653	13,0	4,8	35,5	31	2,0
SPT-0436	670060	7874599	653	20,3	4,6	34,3	28	1,0
SPT-0437	670093	7874529	639	8,2	2,1	8,4	7	1,1
SPT-0438	670037	7874616	670	20,3	5,6	58,4	51	0,5
SPT-0440	670028	7874617	662	32,5	3,8	57,1	35	0,7
SPT-0444	670026	7874590	664	10,9	1,4	18,8	8	0,9
SPT-0449	670031	7874604	663	25,3	4,7	46,9	37	1,1
SPT-0451	670109	7874574	642	6,1	1,4	4,8	3	2,0
SPT-0453	670115	7874571	638	10,3	1,9	19,1	18	1,1
SPT-0458	669349	7873855	808	8,7	0,6	22,5	9	0,7
SPT-0465	669249	7873926	808	23,5	3,3	66,8	46	0,9
SPT-0466	669185	7873790	818	5,2	0,8	10,0	4	0,9
SPT-0471	669366	7873913	813	15,4	3,0	22,1	17	0,4
SPT-0472	668287	7873998	898	5,4	1,2	7,8	3	0,7
SPT-0474	669607	7874176	729	30,3	8,1	30,3	19	1,5
SPT-0476/0497	669676	7874217	715	27,4	8,4	59,6	60	2,2
SPT-0481	669816	7874359	683	5,6	3,9	8,8	10	1,3
SPT-0484	669638	7874213	740	10,7	3,1	22,6	33	0,6

Cavidade	WGS 84 - UTM E (m)	WGS 84 - UTM N (m)	Altitude (m)	PH (m)	Desnível (m)	Área (m ²)	Volume (m ³)	Altura da entrada (m)
SPT-0495	669675	7874220	726	17,6	2,6	20,1	19	1,2
SPT-0498	669627	7874175	703	29,8	2,7	46,7	40	1,4
SPT-0499	669623	7874168	722	9,4	2,2	14,2	9	1,2
SPT-0500	669632	7874193	709	16,2	2,5	31,6	34	1,3
SPT-0503	669646	7874211	717	10,3	1,9	12,9	13	0,9
SPT-0510	669800	7874347	683	7,0	0,9	8,0	5	1,0
SPT-0513	669809	7874338	635	7,2	1,6	9,5	4	0,6
SPT-0522	669597	7874212	744	5,5	0,7	9,9	5	0,7
SPT-0538	669390	7873854	817	7,2	1,8	7,4	4	0,5
SPT-0577	670067	7874612	659	30,5	7,4	61,7	39	0,8

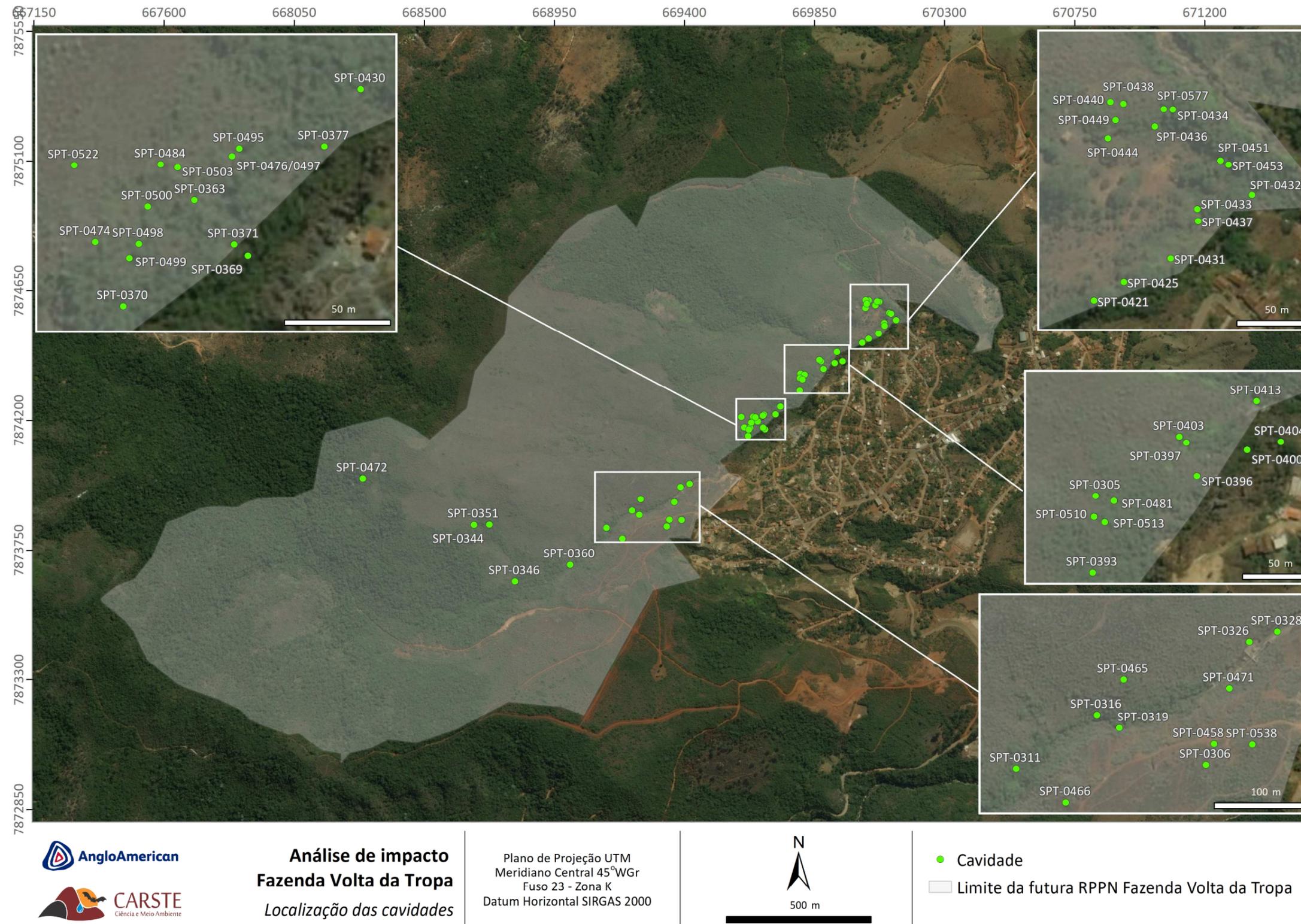


Figura 1. Localização das cavidades em estudo em relação ao limite proposto para a implantação da RPPN

ATIVIDADES DE CAMPO

Para a avaliação do panorama atual de impactos, todas as cavidades contempladas nesta análise foram visitadas. O intuito foi distinguir quaisquer tipos de alterações e definir possíveis fontes e atividades geradoras de impactos. Quando necessário, tais avaliações foram estendidas para o entorno de cada cavidade (ou grupo de cavidades) delineando a análise de impacto ambiental espeleológico.

A complementação do estudo de campo foi efetuada por meio da utilização de veículo aéreo não tripulado - DRONE (*Phantom 3 Professional*), que possibilitou ampliação da perspectiva espacial da área em análise. Os trabalhos de campo foram executados durante o período de 05 a 09 de fevereiro de 2018, com quatro equipes, cada uma integrada por um geógrafo, um biólogo e um auxiliar de campo.

CLASSIFICAÇÃO DE IMPACTOS AMBIENTAIS

Conceitualmente, assumiu-se o termo **impacto ambiental** como “qualquer modificação do meio ambiente, adversa ou benéfica, que resulte, no todo ou em parte, das atividades, produtos ou serviços de uma organização” (ABNT 1996). O conceito **aspecto ambiental** é utilizado segundo sua definição da norma ISO 14001 como “elemento das atividades, produtos ou serviços de uma organização que interage ou pode interagir com o meio ambiente” (ABNT 1996).

A avaliação de cada impacto no âmbito espeleológico considerou os aspectos geradores, o meio (físico ou biótico) e a classificação. Tal classificação seguiu os preceitos determinados no anexo III da IS N° 08/2017 - Termo de referência para estudos de área de influência de cavidades naturais subterrâneas -, que define no item 4, que deverão ser identificadas a natureza, magnitude, temporalidade, reversibilidade e a sinergia de cada impacto elencado na avaliação dos impactos na área de influência.

No presente estudo, definiu-se conceitualmente cada um dos critérios de classificação conforme disposto a seguir:

Natureza

Critérios: positiva ou negativa.

Indica se o impacto tem efeitos benéficos ou adversos sobre o meio ambiente.

- Positiva: quando atua favoravelmente ao aspecto ambiental considerado;
- Negativa: quando atua desfavoravelmente ao aspecto ambiental considerado.

Temporalidade

Critérios: temporário ou permanente.

Refere-se à duração do impacto. Este indicador permite direcionar os esforços necessários à implementação das ações específicas para um determinado período maior ou menor em função da classificação do impacto.

- Temporário: quando a alteração passível de ocorrer tem caráter transitório, ou seja, ocorre enquanto durar a etapa considerada, por exemplo: etapa de planejamento ou de implantação ou de operação.

- Permanente: a alteração passível de ocorrer permanece após a finalização da etapa do projeto.

Reversibilidade

Critérios: reversível ou irreversível.

Classifica os impactos segundo aqueles que, depois de manifestados seus efeitos, são reversíveis ou irreversíveis. A classificação é feita conforme a definição do conceito disposto na IS N°08/2017, que distingue:

- 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.

- 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. 3° da IN ICMBio nº 1, de 2017).

Sinergia

Critérios: não-cumulativos ou cumulativos.

Resultado de interações de outros impactos diferentes incidentes em um mesmo fator ambiental, podendo ou não estarem associados a um mesmo empreendimento e/ou atividade que ocorrem em uma mesma área. O sinergismo foi aqui classificado como uma das formas de tipificação da acumulação (ou cumulatividade) de impactos, podendo ser, portanto, cumulativo ou não-cumulativo.

- Não-cumulativos: quando não há possibilidade do impacto no ambiente cavernícola ou área de influência se somarem.

- Cumulativos: quando há possibilidade do impacto no ambiente cavernícola ou área de influência se somarem.

Magnitude

Critérios: baixa, moderada, alta ou crítica.

Refere-se ao grau de incidência de um impacto sobre o fator ambiental. A magnitude de um impacto é, portanto, tratada exclusivamente em relação ao fator ambiental em questão, independentemente da sua importância por afetar outros fatores ambientais. Ela pode ser de baixa, moderada, alta ou crítica magnitude, segundo a intensidade de transformação da situação pré-existente do fator ambiental impactado.

Os estudos nominais e ordinais dos atributos são utilizados para determinação da magnitude dos impactos, sendo a magnitude, segundo Bisset (1986), definida como a medida de gravidade de alteração do valor de um parâmetro ambiental. No presente estudo, a magnitude foi considerada

como a soma dos valores determinados para os atributos **temporalidade, reversibilidade e sinergia**, sendo que os critérios baixa, moderada, alta e crítica correspondem ao resultado da soma indicando os valores 3, 4, 5 e 6, respectivamente (Quadro 1).

Quadro 1. Pesos atribuídos aos critérios temporalidade, reversibilidade e sinergia para determinação da magnitude do impacto

Critério		Peso
Temporalidade	Temporário	1
	Permanente	2
Reversibilidade	Reversível	1
	Irreversível	2
Sinergia	Não-cumulativo	1
	Cumulativo	2

Após a avaliação e classificação de cada impacto real concernentes aos meios físico e biótico, apresentou-se uma Matriz de Avaliação, que mostra a relação dos aspectos a esses associados, a atividade responsável por sua geração, o controle intrínseco associado - quando aplicável - e as principais ações ambientais a serem adotadas.

PROPOSIÇÃO DE MEDIDAS MITIGADORAS

A partir das considerações e indicações realizadas nas etapas anteriores foram sugeridas medidas de mapeamento, acompanhamento e registro da ocorrência ou ausência de impactos, de modo a garantir a manutenção da integridade física e biológica das cavernas do estudo. Os planos serão sugeridos com base nos impactos que afetam ou podem afetar as cavernas, listando especificamente as ações de monitoramento já previstas no Plano de Gestão da RPPN Fazenda Volta da Tropa ou ações exclusivas de cunho espeleológico.

AValiação DE IMPACTOS AO PATRIMÔNIO ESPELEOLÓGICO

CENÁRIO DE IMPACTOS NAS CAVIDADES

A avaliação ambiental espeleológica relativa ao cenário atual de conservação das cavidades e suas respectivas áreas de entorno resultou na listagem final de sete impactos que abrangeram aspectos relacionados tanto ao meio físico quanto ao meio biótico. Tais impactos elencados nesse estudo foram registrados nas cavidades discriminadas no

Quadro 2.

Quadro 2. Síntese de registro de impactos nas cavidades avaliadas

Impacto	Cavidades
Alteração da dinâmica sedimentar	SPT-0306, SPT-0328, SPT-0346, SPT-0371, SPT-0377, SPT-0397, SPT-0432, SPT-0433, SPT-0458, SPT-0466, SPT-0471, SPT-0500, SPT-0503, SPT-0513
Alteração da dinâmica hídrica subterrânea	SPT-0377, SPT-0397, SPT-0471
Impacto visual	SPT-0306, SPT-0311, SPT-0326, SPT-0328, SPT-0346, SPT-0363, SPT-0370, SPT-0371, SPT-0377, SPT-0397, SPT-0400, SPT-0403, SPT-0404, SPT-0413, SPT-0430, SPT-0432, SPT-0433, SPT-0436, SPT-0437, SPT-0438, SPT-0440, SPT-0449, SPT-0453, SPT-0458, SPT-0471, SPT-0474, SPT-0495, SPT-0498, SPT-0499, SPT-0500, SPT-0503, SPT-0510, SPT-0513, SPT-0522, SPT-0538, SPT-0577
Alteração de habitats e micro-habitats	SPT-0306, SPT-0311, SPT-0326, SPT-0328, SPT-0346, SPT-0363, SPT-0370, SPT-0371, SPT-0377, SPT-0397, SPT-0400, SPT-0403, SPT-0404, SPT-0413, SPT-0430, SPT-0432, SPT-0433, SPT-0436, SPT-0437, SPT-0438, SPT-0440, SPT-0449, SPT-0453, SPT-0458, SPT-0466, SPT-0471, SPT-0474, SPT-0495, SPT-0498, SPT-0499, SPT-0500, SPT-0503, SPT-0510, SPT-0513, SPT-0522, SPT-0538, SPT-0577
Alteração no aporte e/ou disponibilidade de recursos tróficos	SPT-0306, SPT-0316, SPT-0326, SPT-0328, SPT-0400, SPT-0404, SPT-0413, SPT-0431, SPT-0432, SPT-0433, SPT-0437, SPT-0458, SPT-0465, SPT-0476/497, SPT-0495, SPT-0499, SPT-0577
Alteração no microclima das cavidades	SPT-0306, SPT-0326, SPT-0328, SPT-0400, SPT-0404, SPT-0413, SPT-0431, SPT-0432, SPT-0433, SPT-0437, SPT-0458, SPT-0476/497, SPT-0495, SPT-0499, SPT-0577
Alteração na composição de espécies da fauna	SPT-0306, SPT-0316, SPT-0326, SPT-0328, SPT-0400, SPT-0404, SPT-0413, SPT-0431, SPT-0432, SPT-0433, SPT-0437, SPT-0458, SPT-0465, SPT-0476/497, SPT-0495, SPT-0499, SPT-0577

ALTERAÇÃO DA DINÂMICA SEDIMENTAR

O impacto “alteração da dinâmica sedimentar” está relacionado a seis aspectos diferentes observados em campo:

1. Aumento do aporte de sedimentos alóctones
2. Diminuição do aporte de sedimentos
3. Remobilização /empilhamento de blocos
4. Alteração granulométrica
5. Geração de sedimentos
6. Agradação de sedimento por contenção artificial de fluxo

Conforme demonstra o Quadro 3, um mesmo aspecto (2 e 3) pode estar relacionado a diferentes tipos de fontes ou atividades.

Quadro 3. Registro dos elementos indicadores da ocorrência do impacto “alteração da dinâmica sedimentar” nas cavidades de estudo

Aspecto	Fonte/Atividade	Cavidade
1. Aumento do aporte de sedimentos alóctones	Acessos não pavimentados e exploração de recursos minerais	SPT-0458, SPT-0466, SPT-0471
	Encosta com ocupação antrópica	SPT-0432, SPT-0433
2. Diminuição do aporte de sedimentos; 3. Remobilização de sedimentos	Uso da água (canalização)	SPT-0471
2. Diminuição do aporte de sedimentos	Exploração de recursos minerais	SPT-0377
3. Remobilização/empilhamento de blocos		SPT-0306, SPT-0328, SPT-0371, SPT-0397, SPT-0433, SPT-0500, SPT-0503, SPT-0513
4. Alteração da granulometria		SPT-0306, SPT-0328, SPT-0346
5. Geração de sedimentos		SPT-0328, SPT-0346
6. Agradação de sedimento por contenção artificial de fluxo		SPT-0397

O primeiro aspecto faz referência ao aumento do aporte de sedimentos alóctones identificados no interior de algumas cavidades. Esse aumento é decorrente de sedimentos artificialmente gerados nas vertentes de inserção das mesmas, em função de ações antrópicas identificadas em campo. No grupo de cavernas SPT-0458, SPT-0466 e SPT-0471, os sedimentos foram gerados pela abertura de acessos não pavimentados e, possivelmente pela exploração mineral (garimpo), que representa uma atividade de cunho socioeconômico da região. Já nas cavidades SPT-0432 e SPT-0433, os depósitos alóctones foram originados nas encostas de inserção das mesmas, que se encontram instáveis em função da ocupação humana.

A abertura de acessos não pavimentados e a atividade de exploração mineral pretérita tiveram como consequência a supressão da cobertura vegetal, bem como a formação de sedimentos inconsolidados, subangulosos, de granulometria calhau, seixo e finos. Esse material é encontrado em maior concentração, adjacente a uma estrada não pavimentada, em função da abertura da mesma. À montante dessa estrada, observa-se também grande quantidade de material removido, possivelmente pela atividade garimpeira. Esse material se concentra, sobretudo, no interior e no entorno de depressões artificiais. Conforme demonstra a Figura 2 (a), os acessos funcionam como vias preferenciais de escoamento superficial intermitente, que transportam esses sedimentos. As cavidades SPT-0466 e SPT-0471 estão localizadas à jusante da estrada não pavimentada situada na média vertente, e a cavidade SPT-0458 a montante deste acesso (Figura 2 e Figura 3).



Figura 2. Estrada não pavimentada localizada à jusante da cavidade SPT-0458 (a). A área circulada na figura (a) indica a localização de depressões artificiais e acúmulo de material no interior e entorno das mesmas (b; c). As linhas pontilhadas em (a) ilustram os escoamentos superficiais através dos acessos. Em (d) observa-se presença de sedimentos removidos ao longo das trilhas

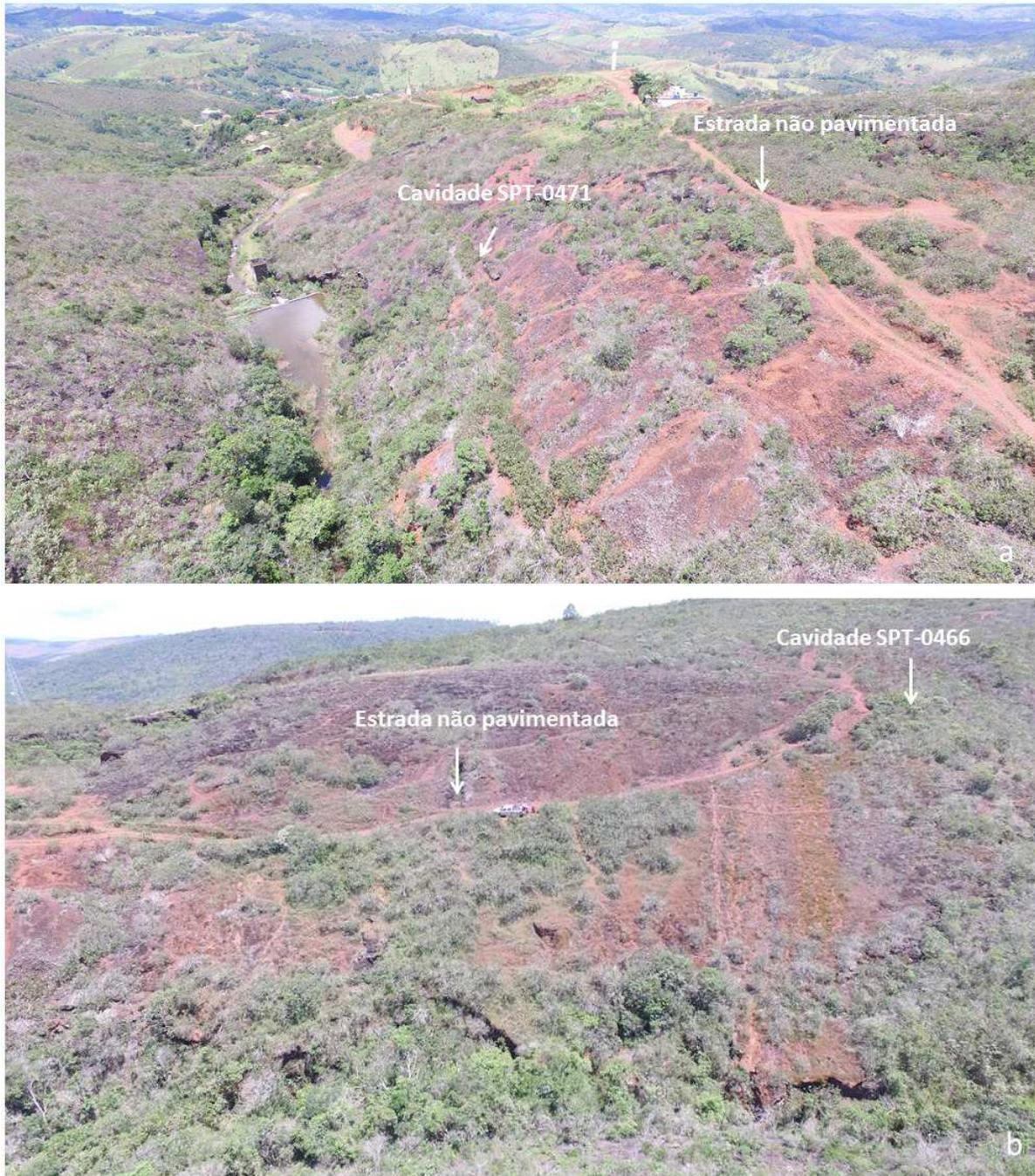


Figura 3. Localização das cavidades SPT-0471 (a) e SPT-0466 (b)

Nas cavidades SPT-0458 e SPT-0471 foram identificados sedimentos alóctones subangulosos de granulometria calhau e seixo concentrados em suas entradas e em seus entornos imediatos (Figura 4 a;c). Na cavidade SPT-0458, esse material é proveniente de trilhas acessadas por pessoas e animais, localizadas à montante da referida cavidade (Figura 2 a e Figura 4 b). Com relação à cavidade SPT-0471, o depósito de sedimento alóctone identificado no interior da mesma é proveniente, sobretudo do material gerado pela abertura da estrada não pavimentada localizada à montante. A trilha de acesso a essa caverna, situada a poucos metros e a jusante da estrada,

também foi identificada como fonte de sedimentos (Figura 5 d). Quanto à cavidade SPT-0466, também localizada a jusante da estrada não pavimentada, foram observados pequenos cones de sedimentos de cor marrom de origem alóctone sobre o piso. Isso indica que a estrada também fornece sedimentos finos para o interior das cavidades (Figura 5).



Figura 4. Depósito alóctone de material cascalhento na entrada da cavidade SPT-0458 (a); Trilha de pessoas e animais à montante da cavidade SPT-0458, como fonte de material identificado em sua entrada da SPT-0458 (b); Depósito alóctone de material cascalhento na entrada da cavidade SPT-0471 (c); Trilha de acesso à SPT-0471 (d)



Figura 5. Cone de sedimentos finos alóctones identificados na cavidade SPT-0466 (a). Contexto de inserção da cavidade SPT-0466 com acesso não pavimento à montante (b)

Quanto às cavidades SPT-0432 e SPT-0433, em seus entornos, foi identificada a presença de estruturas urbanas e criação de animais. A ocupação humana somada à declividade da vertente de inserção das cavidades e à supressão da vegetação promovem a exposição e desestabilização do solo. No interior da cavidade SPT-0432 foi identificado banco de sedimentos alóctones, predominantemente de granulometria fina. A cavidade SPT-0433 apresenta material arenoso de coloração branca de origem alóctone, que se difere do sedimento autóctone de cor vermelha (Figura 6).



Figura 6. Banco de sedimentos alóctones, predominantemente finos na cavidade SPT-0432 (a). Cavidade SPT-0433 com depósito arenoso de coloração branca de origem alóctone, que se difere do sedimento autóctone de cor vermelha (b)

O segundo aspecto se refere à diminuição do aporte de sedimentos nas cavidades em decorrência de atividades distintas: (i) uso da água através da canalização e (ii) exploração de recursos minerais. Destaca-se que os sedimentos retratados nesse aspecto se diferem daqueles abordados no primeiro. Os depósitos alóctones identificados nas cavidades do primeiro aspecto foram originados artificialmente pela atividade antrópica, a partir da abertura dos acessos. Já o segundo aspecto está relacionado à diminuição do aporte de sedimentos que entram naturalmente nas cavidades.

No interior da cavidade SPT-0471 foi encontrado um cano de PVC removível que atravessa a caverna longitudinalmente. Durante eventos chuvosos, o cano capta água que exfiltra em dois canalículos situados na parede distal da cavidade em patamar superior. Logo abaixo dos canalículos, notam-se marcas avermelhadas de escoamento superficial na parede. Esse escoamento possivelmente recebe contribuição de fluxo superficial intermitente que percola através do teto da cavidade, durante eventos chuvosos. Foi observado que o cano se encontrava parcialmente preenchido por sedimentos orgânicos e sedimentos clásticos de granulometria fina, bem como granulometria seixo e calhau. Sendo assim, pode-se dizer que o cano transporta parte do fluxo d'água e sedimentos que seriam naturalmente depositados no piso da cavidade, diretamente para a porção externa à mesma (Figura 7).



Figura 7. Pontos de exfiltração de água na parede distal da cavidade SPT-0471, a partir de dois canalículos indicados na figura (setas brancas), e marcas avermelhas de escoamento (indicada pela linha tracejada), junto à parede e logo abaixo dos canalículos (a); Cano que transporta água captada do interior da cavidade SPT-0471 para a parte externa (b); Blocos remobilizados e concentrados em conduto da cavidade SPT-0471 (c)

Ainda sobre a cavidade SPT-0471, muitos dos blocos que se encontravam dispersos ao longo do piso, foram remobilizados, sendo concentrados em um conduto pouco desenvolvido da caverna, possivelmente para o melhor posicionamento do cano (Figura 7 c e Figura 8). Desta forma, para essa cavidade também foi identificado o aspecto de remobilização de sedimentos (terceiro aspecto do Quadro 3).

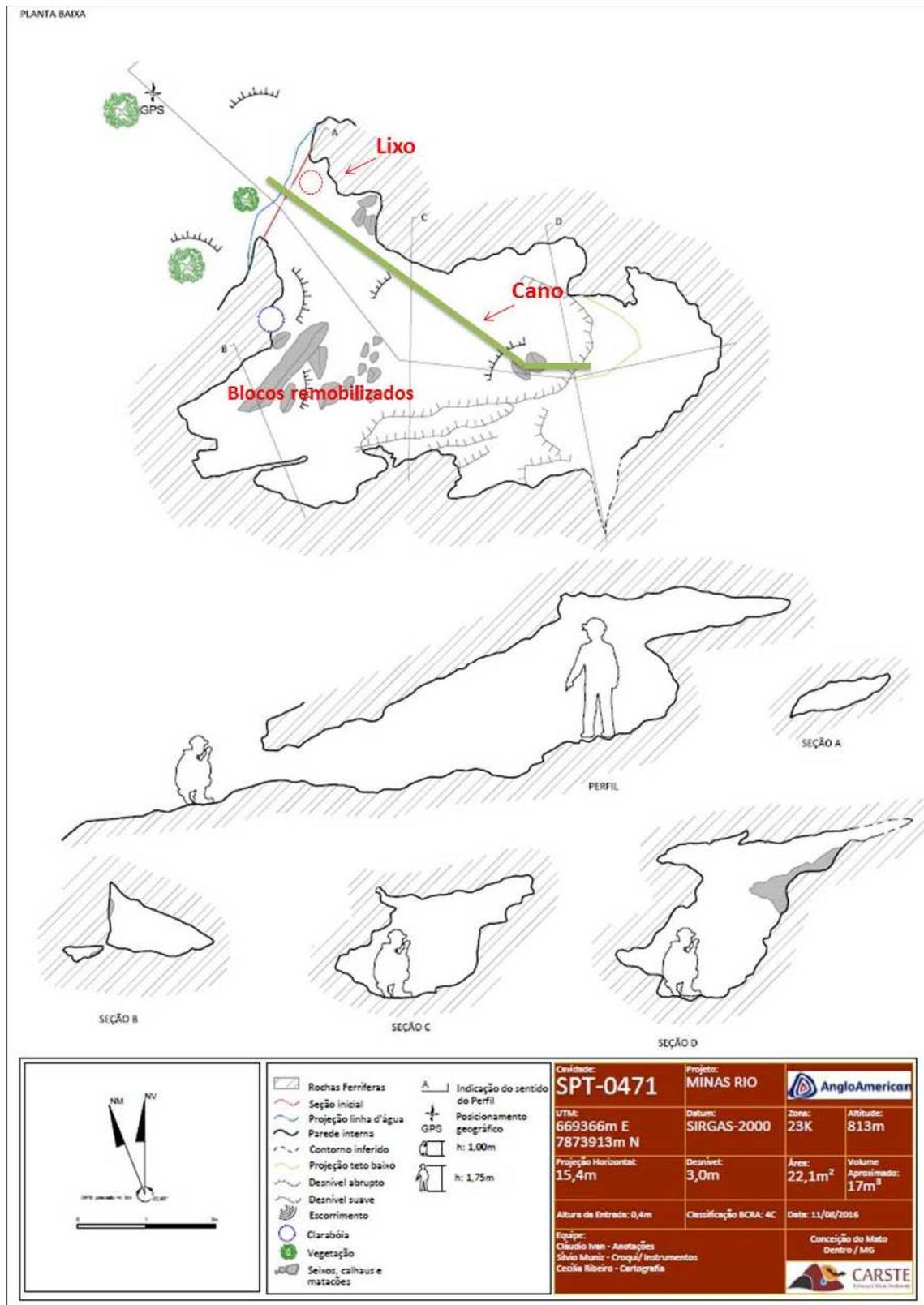


Figura 8. Mapa cavidade SPT-0471 com a localização do cano, de lixo e blocos remobilizados

No que se refere ao aspecto 2 de diminuição do aporte de sedimentos, a cavidade SPT-0377 está localizada no leito vazante do córrego do Pilar, é drenada por esse córrego. À montante de sua entrada foi verificado empilhamento artificial de blocos, provavelmente associado à atividade de extração mineral pretérita na região (garimpo). Esse empilhamento de blocos barra, parcialmente, a entrada de sedimentos alóctones, proporcionando a diminuição do aporte desses para o interior da cavidade (Figura 9).



Figura 9. Empilhamento de blocos que redireciona fluxo de água e barra parcialmente o aporte de sedimentos alóctones no interior da caverna (a). Parte dos sedimentos que permanece acumulado ao longo do barramento (b)

Conforme observado no Quadro 3, a atividade de exploração de recursos minerais proporcionou a mudança de diferentes aspectos no interior das cavidades, tais como (3) remobilização de sedimentos; (4) alteração da granulometria; (5) geração de sedimentos e (6) agradação de sedimentos por contenção artificial de fluxo.

A remobilização de sedimentos foi o aspecto mais frequentemente observado, sendo comum a utilização dessa prática para empilhamento de blocos que formam “muros de pedra”, conforme observado nas cavidades: SPT-0328, SPT-0371, SPT-0397, SPT-0433, SPT-0500, SPT-0503 e SPT-0513. Diferentemente dessas, na cavidade SPT-0306, a remobilização não está associada ao empilhamento organizado de blocos. Nessa, observa-se uma redistribuição dos sedimentos que passaram a ocorrer de forma dispersa na cavidade (Figura 10).



Figura 10. Exemplos de cavidades nas quais foram identificados empilhamentos na forma de “muros de pedras”: SPT-0328 (a) e SPT-0513 (b); Marcas de material removido na parede da cavidade SPT-0306, possivelmente pela atividade de exploração mineral pretérita (c); Depósitos redistribuídos de forma dispersa na cavidade SPT-0306 (d)

Outro aspecto decorrente da extração de recursos minerais foi à alteração na granulometria dos sedimentos (4) pela geração de novos sedimentos (5), como é caso das cavidades SPT-0328 e SPT-0346. Na cavidade SPT-0346, por exemplo, é notória a diferença entre os sedimentos produzidos por processos naturais daqueles artificialmente removidos das paredes. Em locais não alterados da cavidade, predominam sedimentos finos, bem como seixos e calhaus dispersos sobre o piso. Já os sedimentos grosseiros se concentram em pontos específicos da cavidade e distribuídos na forma de leques (Figura 11).



Figura 11. Porção não alterada da cavidade SPT-0346, na qual predominam sedimentos de granulometria fina (a); Sedimentos grosseiros gerados pela atividade de exploração mineral (b).

No interior da cavidade SPT-0397 foi observada a presença de um novo conduto com escoras de madeira e represamento formado por atividade antrópica. Essa estrutura forma uma empoçamento no piso da caverna, que proporciona a agradação de sedimentos (aspecto 6).

Os variados aspectos determinantes à ocorrência do impacto “alteração da dinâmica sedimentar” foram registrados para 14 cavidades, conforme disposto no Quadro 3.

O impacto foi classificado como de natureza negativa, uma vez que esses variados aspectos proporcionam o desequilíbrio natural da dinâmica sedimentar das cavidades; tem caráter temporário, já que após o término das atividades, o impacto tende a cessar; pode ser considerado como um impacto reversível, visto que ações corretivas podem ser implementadas com o objetivo de retomar as condições originais. O impacto analisado tem efeitos cumulativos, levando em consideração a possibilidade do impacto no ambiente cavernícola ou na área de influência se somarem. Diante dessas características, a “alteração da dinâmica sedimentar” consiste em um impacto de magnitude moderada.

ALTERAÇÃO DA DINÂMICA HÍDRICA SUBTERRÂNEA

O impacto “alteração da dinâmica hídrica subterrânea” pode ser associado a dois aspectos (Quadro 4) observados nas cavidades:

1. Diminuição do fluxo
2. Contenção de fluxo

Quadro 4. Registro dos elementos indicadores da ocorrência do impacto “alteração da dinâmica hídrica subterrânea” nas cavidades de estudo

Aspecto	Atividade	Cavidade
1. Diminuição do fluxo	Uso da água/Canalização	SPT-0471
	Exploração de recursos minerais	SPT-0377
2. Contenção de fluxo	Exploração de recursos minerais	SPT-0397

Nas cavidades SPT-0471 e SPT-0377, observa-se a diminuição do fluxo hídrico em função de duas atividades antrópicas distintas: (i) canalização para uso da água por e (ii) exploração de recursos minerais.

Conforme demonstrado na Figura 7 b, parte desse fluxo é captada para uso de água por moradores locais, por meio de um cano. Destaca-se que essa cavidade se localiza próxima a um loteamento e pode ser facilmente acessada pelos moradores da região. Na cavidade SPT-0377, a diminuição do fluxo hídrico é decorrente de empilhamento de blocos artificial posicionado à montante da entrada da cavidade que barra e redireciona parte do fluxo do córrego do Pilar que adentra a mesma (Figura 9 a). Na cavidade SPT-0397, a contenção artificial realizada pela atividade exploratória proporcionou a formação de empoçamento no piso, alterando a dinâmica hídrica natural da caverna. Os dois aspectos determinantes à ocorrência do impacto “alteração da dinâmica hídrica” foram registrados em três cavidades, conforme disposto no Quadro 4.

O impacto foi classificado como de natureza Negativa, uma vez que proporciona a diminuição do escoamento natural no interior das cavidades; tem caráter Temporário, já que após o término das atividades, o impacto tende a cessar; pode ser considerado como um impacto Reversível, visto que ações corretivas podem ser implementadas com o objetivo de retomar as condições originais. O impacto analisado tem efeitos Cumulativos, levando em consideração a possibilidade do impacto no ambiente cavernícola ou na área de influência se somarem. Diante dessas características, a “alteração da dinâmica sedimentar” consiste em um impacto de magnitude Moderada.

IMPACTO VISUAL

O “impacto visual” está relacionado a três aspectos diferentes identificados nas cavidades em estudo:

1. Alteração morfológica
2. Presença de resíduos sólidos
3. Vestígios de alterações artificiais

O primeiro aspecto se refere à alteração morfológica identificada no grupo de cavidades afetadas pela atividade de exploração de recursos minerais (Quadro 5). Destaca-se que conjunto de aspectos 3, 4, 5 e 6 listados no Quadro 3, referente ao impacto por alteração da dinâmica sedimentar, também teve como consequência a alteração da morfologia natural das cavidades afetadas por essa atividade.

Quadro 5. Registro dos elementos indicadores da ocorrência do “impacto visual” nas cavidades de estudo

Aspecto	Agente / Atividade	Cavidade
1. Alteração morfológica	Exploração de recursos minerais	SPT-0306, SPT-0328, SPT-0346, SPT-0371, SPT-0377, SPT-0397, SPT-0433, SPT-0500, SPT-0503, SPT-0513
2. Presença de resíduos sólidos	Moradores locais	SPT-0328, SPT-0400, SPT-0404, SPT-0413, SPT-0430, SPT-0432, SPT-0440, SPT-0453, SPT-0458, SPT-0471, SPT-0538

Aspecto	Agente / Atividade	Cavidade
3. Vestígios de alterações antrópicas	Visita técnica	SPT-0311, SPT-0326, SPT-0328, SPT-0363, SPT-0370, SPT-0371, SPT-0397, SPT-0403, SPT-0432, SPT-0433, SPT-0436, SPT-0437, SPT-0438, SPT-0440, SPT-0449, SPT-0453, SPT-0458, SPT-0471, SPT-0474, SPT-0495, SPT-0498, SPT-0499, SPT-0510, SPT-0522, SPT-0538, SPT-0577

Intervenções oriundas da atividade minerária pretérita como marcas de ferramentas (picareta) na porção distal das cavidades SPT-0397 e SPT-0503, e formação de novo conduto na cavidade SPT-0397 são os exemplos mais evidentes da alteração morfológica causadas por essa atividade dentro das cavidades (Figura 12).



Figura 12. Marcas de ferramenta nas cavidades SPT-0397 (a) e SPT-0503 (b), como evidência de alteração morfológica decorrente da atividade de exploração mineral

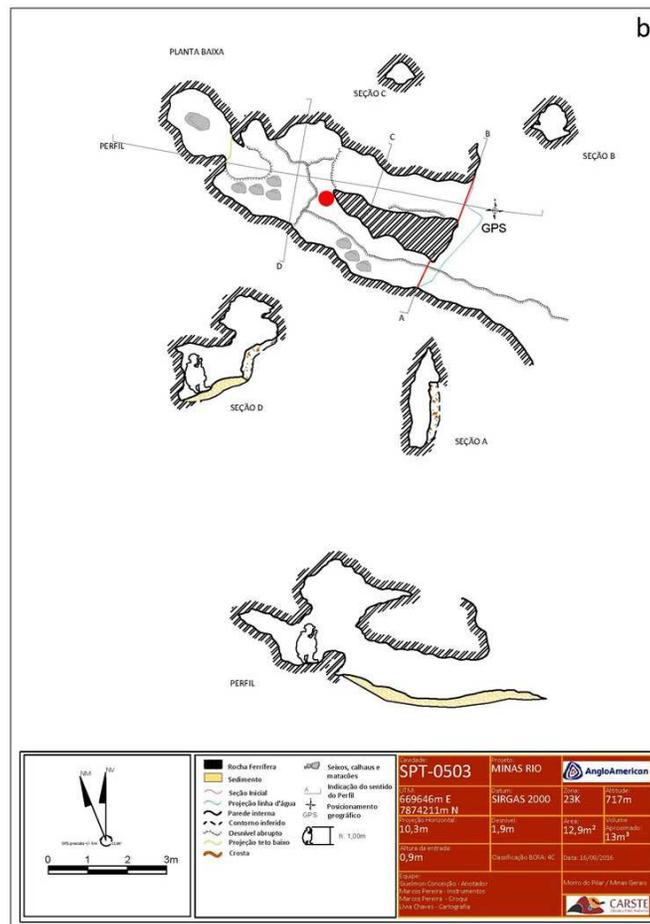
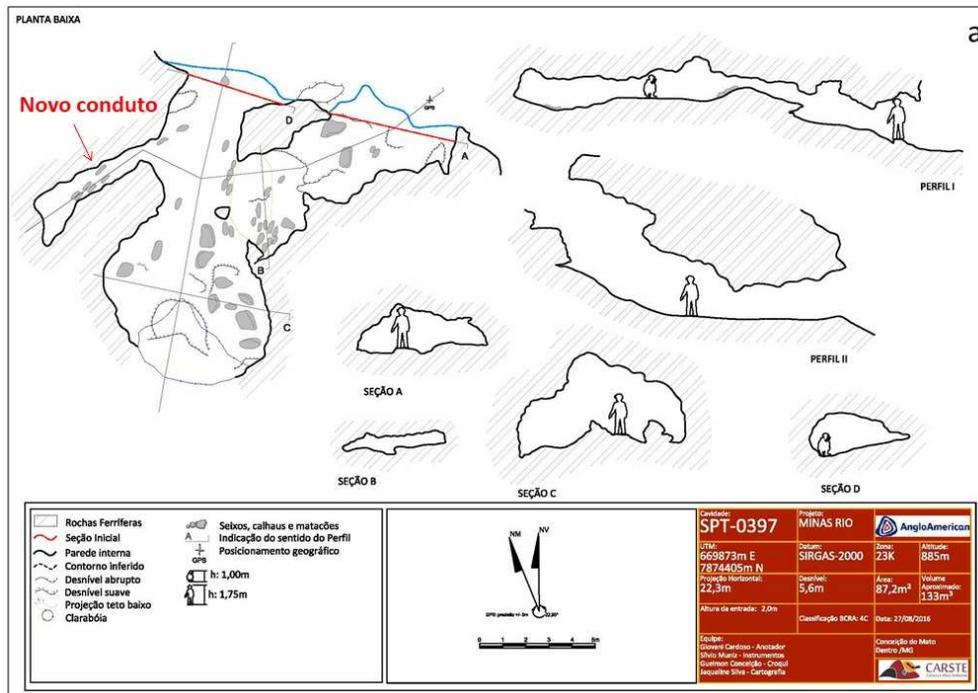


Figura 13. Localização de novo conduto na cavidade SPT-0397 (a) e das marcas ferramentas (ponto vermelho) geradas SPT-0503 (b)

A presença de resíduos sólidos (lixo) também foi identificada como aspecto que proporciona o impacto visual nas cavidades. Em campo, foi verificado que o lixo é depositado diretamente nas cavidades como indicativo que essas são frequentemente visitadas, possivelmente pelos moradores do município de Morro do Pilar. A cavidade SPT-0328, por exemplo, encontra-se em uma área bastante frequentada por moradores locais para atividades de lazer na barragem do córrego do Pilar, sendo um local de atrativo para visitas às cavernas localizadas nas proximidades. Destaca-se que a cavidade SPT-0328 tem uma entrada ampla, o que atrai a visitação. Esse fato é corroborado pela quantidade significativa de lixo concentrado em sua entrada, de diversos tipos: papel, vidro, pedaço de madeira e carvão (Figura 14 a;b). Em outras áreas, foi observado que o lixo depositado no entorno das cavernas pode adentrar as mesmas por meio fluxos intermitentes. Esse caso é mais comum das cavidades localizadas nas encostas com ocupação antrópica. A configuração de algumas cavidades em tálus ou com presença de claraboia, também representa um elemento facilitador da entrada de sedimentos e lixo que estejam a montante, durante eventos chuvosos. Cita-se como exemplo as cavidades SPT-0400, SPT-0404 e SPT-0430. O córrego do Pilar também pode ser agente transportador do lixo para interior das cavidades durante eventos de inundação, conforme observado na cavidade SPT-0432 (Figura 14 c;d).



Figura 14. Entrada da cavidade SPT-0328 (a); Presença de lixo identificada na cavidade SPT-0328 (b) por visitação; Contexto de inserção (encosta com ocupação humana) da cavidade SPT-0404 (c); Presença de lixo na cavidade SPT-0404 (d)

O aspecto 3 de vestígios de alterações antrópicas está relacionado a visitas técnicas realizadas por espeleólogos. Os vestígios identificados nas cavernas foram principalmente de marcas de rastejo

e pisoteamento, mas também de remobilização de blocos observado como, por exemplo, na cavidade SPT-0311.

Os três aspectos determinantes à ocorrência do "impacto visual" foram registrados em 36 cavidades, conforme disposto no Quadro 5.

O impacto foi classificado como de natureza negativa, uma vez que proporciona alterações artificiais no interior das cavidades; tem caráter temporário, já que após o término das atividades, o impacto tende a cessar; pode ser considerado como um impacto reversível, visto que ações corretivas podem ser implementadas com o objetivo de retomar as condições originais. Exceto as cavidades SPT-0397 e SPT-0503, em função das alterações morfológicas (formação de novo conduto e marcas de ferramenta) geradas pela atividade de exploração mineral, que foram considerados com um impacto irreversível. O impacto analisado tem efeitos cumulativos, levando em consideração a possibilidade do impacto no ambiente cavernícola ou na área de influência se somarem. Diante dessas características, a "alteração da dinâmica sedimentar" consiste em um impacto de magnitude moderada, com exceção das cavidades SPT-0397 e SPT-0503, nas quais a magnitude foi considerada alta, dada a irreversibilidade da alteração morfológica identificada nas mesmas.

ALTERAÇÃO DE HABITATS E MICRO-HABITATS

A avaliação das cavidades alvo de estudo indicou a ocorrência do impacto "alteração de habitats e micro-habitats", relacionado a distintos aspectos, fontes e atividades, conforme sumarizado no Quadro 6.

De uma maneira geral, o termo habitat pode ser conceituado como local onde existem as condições e recursos necessários à ocupação, sobrevivência e reprodução de uma espécie. O habitat é específico de cada organismo e relaciona a presença de uma espécie, com as características físicas e biológicas de uma área (Odum 1971, Morrison 2002).

Quadro 6. Registro dos elementos indicadores da ocorrência do impacto "Alteração de habitats e micro-habitats" nas cavidades em estudo

Aspecto	Fonte/Atividade	Cavidades
Aporte não natural de sedimentos alóctones	Acessos não pavimentados	SPT-0458, SPT-0466, SPT-0471
	Encosta com ocupação antrópica	SPT-0432, SPT-0433
Remobilização/empilhamento de blocos	Exploração de recursos minerais	SPT-0306, SPT-0328, SPT-0346, SPT-0371, SPT-0377, SPT-0397, SPT-0433, SPT-0500, SPT-0503, SPT-0513
Escavação/criação de conduto		SPT-0346, SPT-0433, SPT-0397
Entupimento de conduto		SPT-0306

Aspecto	Fonte/Atividade	Cavidades
Contenção de fluxo/empoçamento		SPT-0377, SPT-0397
Diminuição do fluxo hídrico	Uso da água/ Canalização	SPT-0471
Remobilização de blocos		SPT-0471
Presença de resíduos sólidos	Moradores locais	SPT-0328, SPT-0400, SPT-0404, SPT-0413, SPT-0430, SPT-0432, SPT-0440, SPT-0453, SPT-0458, SPT-0471, SPT-0538
Remobilização/fragmentação de sedimentos e pisoteamento	Visita técnica	SPT-0311, SPT-0326, SPT-0328, SPT-0363, SPT-0370, SPT-0371, SPT-0397, SPT-0403, SPT-0432, SPT-0433, SPT-0436, SPT-0437, SPT-0438, SPT-0440, SPT-0449, SPT-0453, SPT-0458, SPT-0471, SPT-0474, SPT-0495, SPT-0498, SPT-0499, SPT-0510, SPT-0522, SPT-0538, SPT-0577

Em relação ao primeiro aspecto elencado, entende-se que a presença de sedimentos alóctones no ambiente subterrâneo provoca alteração ou perda de habitats e micro-habitats essenciais ao estabelecimento da fauna cavernícola. Nas cavidades alvo de estudo, tal fato esteve relacionado ao carreamento de material com concentração, origem e transporte diversos, mas qualificado pela sua ocorrência advinda de processos não naturais. As fontes identificadas são referentes às trilhas de acesso de animais e moradores locais (SPT-0458); às estradas vicinais não pavimentadas (SPT-0466, SPT-0471 - Figura 15a); áreas de entorno alteradas pela ocupação antrópica e instalação de estruturas tais como currais, cercas, casas, tanques de piscicultura (SPT-0432 - Figura 15b - e SPT-0433). Deste modo, nas cinco cavidades citadas, a presença do aspecto foi considerada como indicativo de que habitats subterrâneos se encontram modificados, caracterizando a presença do impacto.

Destaca-se que a antiga exploração de recursos minerais acarretou aspectos frequentemente observados nas cavidades em estudo, tais como: remobilização de sedimentos (SPT-0306 e SPT-0346) e/ou empilhamento de blocos formando “muros de pedras” conforme observado nas cavidades SPT-0328, SPT-0371, SPT-0377, SPT-0397, SPT-0433, SPT-0500 (Figura 15d), SPT-0503 e SPT-0513; escavações no interior das cavidades e geração de sedimentos (SPT-0346 e SPT-0433), entupimento de condutos com sedimentos provavelmente provindos do entorno ou mesmo da própria caverna (SPT-0306) ou criação de novas passagens (SPT-0397 - Figura 15c); contenção do curso do leito do córrego do Pilar (SPT-0377) ou formação de poça em conduto escavado antropicamente (SPT-0397). Entende-se que tais elementos mudaram a estruturação natural dos

habitats subterrâneos terrestres e aquáticos, sendo responsáveis pela ocorrência do impacto nas dez cavidades supracitadas.



Figura 15. Fatores contribuintes para a alteração de habitats e micro-habitats: fluxo de carreamento de sedimento proveniente de acesso não pavimentado no entorno da cavidade SPT-0471 (a); saco de juta contendo sedimentos alóctones no interior da cavidade SPT-0432 (b); conduto e pequeno represamento, escoras e blocos remobilizados na cavidade SPT-0397 (c); empilhamento de blocos na cavidade SPT-0500 (d)

Além da extração mineral, o uso da água através da canalização também foi considerado como atividade impactante no que se refere à interferência em habitats aquáticos. De uma maneira geral, reconhece-se que cavernas apresentam uma ampla variedade de micro-habitats aquáticos, e devido a tal fato, podem apresentar uma extensa fauna associada (Johnson et al 2001, Danielopol et al 2003). Entende-se, portanto, que alterações na dinâmica hídrica dos ambientes subterrâneos são capazes de modificar as condições necessárias ao estabelecimento de algumas espécies. De tal modo, conclui-se que a captação do escoamento intermitente observada na SPT-0471 aliada também à remobilização de blocos para o posicionamento de estrutura de captação, são elementos que alteram habitats e micro-habitats da cavidade (Figura 16a).

Nas cavidades avaliadas em campo, constatou-se também a ocorrência de resíduos sólidos sendo caracterizados como componentes artificiais, ou seja, habitats introduzidos que podem ser frequentemente utilizados pela fauna subterrânea. Presume-se que, para algumas cavidades, o material alóctone seja carreado através do escoamento superficial e tende a se acumular em cavidades localizadas à jusante da fonte emissora. Para aquelas cavidades localizadas no leito do

córrego do Pilar ou em suas proximidades, constatou-se que os resíduos sólidos podem ser carreados continuamente e são direcionados ao ambiente subterrâneo pelo despejo inapropriado realizado pela população local. Verificou-se, em adição, que os detritos também oriundos da visitação esporádica nas cavidades. Dessa forma, a quantidade, a disposição e o tipo de resíduo sólido nas cavidades foram extremamente variados, e conseqüentemente, a introdução de habitats artificiais tem efeitos distintos para a fauna cavernícola. Reconhece-se também, a possibilidade de efeitos adversos nos habitats, tais como contaminação do solo ou alteração na qualidade da água. No total, 11 cavidades foram caracterizadas pela presença do impacto, no que se refere ao aspecto analisado: SPT-0328, SPT-0400, SPT-0404, SPT-0413, SPT-0430, SPT-0432, SPT-0440 (Figura 16b), SPT-0538, SPT-0453, SPT-0458 e SPT-0471.

A visitação em cavidades foi considerada como o último aspecto causador de alteração de habitats e micro-habitats. Vestígios da presença antrópica foram observados em grande parte das cavidades, sendo mais frequentes, sinais de realização de atividades necessárias para a execução de estudos espeleológicos, tal como nas cavidades SPT-0311, SPT-0328, SPT-0363, SPT-0370 (Figura 16c), SPT-0371, SPT-0403, SPT-0432, SPT-0433, SPT-0436, SPT-0437, SPT-0438, SPT-0440, SPT-0449, SPT-0453, SPT-0474, SPT-0495, SPT-0498, SPT-0499, SPT-0510, SPT-0522 e SPT-0577. O simples deslocamento no interior das cavidades, pode gerar a remobilização e fragmentação de blocos e pisoteamento, ocasionando na alteração da disposição natural dos habitats subterrâneos utilizados pela fauna. Dessa forma, em 21 cavidades, o impacto foi elencado devido à interferência nas condições prístinas desses ambientes.



Figura 16. Remobilização de blocos para uso da água na cavidade SPT-0471 (a); teia de Araneae em garrafa de vidro observada na cavidade SPT-0440 (b); exemplo de marca de pisoteio no piso da cavidade SPT-0370 (c), conformando-se como elementos causadores da modificação de habitats subterrâneos

Os variados aspectos determinantes à ocorrência do impacto “alteração de habitats e micro-habitats” foram registrados em 37 cavidades. O impacto foi classificado como de natureza negativa, pois as modificações ocasionadas pela “alteração de habitats e micro-habitats” levaram à desestruturação do equilíbrio ecológico previamente existente nas cavidades; tem caráter temporário, já que após o término das atividades correlacionadas à geração dos aspectos, o impacto poderá ser cessado; pode ser considerado como um impacto reversível, já que formas de

recuperação e ações corretivas podem ser aplicadas; tem efeitos cumulativos, levando em consideração a possibilidade do impacto no ambiente cavernícola ou na área de entorno se somarem. Diante dessas características, consiste em um impacto de magnitude moderada.

ALTERAÇÃO NO APORTE E/OU NA DISPONIBILIDADE DE RECURSOS TRÓFICOS

O impacto alteração no aporte e/ou na disponibilidade de recursos tróficos foi relacionado às intervenções na vegetação do entorno imediato das cavidades avaliadas, conforme as atividades ou fontes identificadas no Quadro 7.

Quadro 7. Registro dos elementos indicadores da ocorrência do impacto “alteração na disponibilidade e/ou aporte de recursos tróficos” nas cavidades em estudo

Aspecto	Fonte/Atividade	Cavidades
Intervenção na vegetação de entorno	Exploração de recursos minerais	SPT-0306, SPT-0458
	Queimadas	SPT-0316, SPT-0465
	Encosta com ocupação antrópica	SPT-0306, SPT-0326, SPT-0328, SPT-0400, SPT-0404, SPT-0413, SPT-0431, SPT-0432, SPT-0433, SPT-0437, SPT-0458, SPT-0476/0497, SPT-0495, SPT-0577
	Introdução de espécies invasoras	SPT-0400, SPT-0404, SPT-0433, SPT-0437, SPT-0476/497, SPT-0495, SPT-0499

Tendo em vista a localização da área de estudo e sua proximidade com áreas antropizadas, entende-se que atividades pretéritas e atuais acarretaram na intervenção de vegetação nativa, sendo notórios locais no entorno imediato de cavidades com intervenções na cobertura vegetal.

Os indícios da atividade de extração de recursos minerais pretérita foram observados no entorno das cavidades SPT-0306 (Figura 17a) e SPT-0458, sendo as características principais a supressão de vegetação e a alteração na topografia com a formação de grandes depressões e deposição de material revolvido. Em adição, a área onde estão localizadas as cavidades SPT-0316 (Figura 17b) e SPT-0465, foi caracterizada pela ocorrência de queimadas, sendo que a vegetação no entorno imediato de tais cavidades apresenta porte rasteiro e em processo de regeneração com ocorrência de muitos brotos.



Figura 17. Intervenção na vegetação relativa à: extração de recursos minerais, com a remoção vegetacional. As setas vermelhas indicam o material revolvido na entrada da cavidade SPT-0306 (a). Troncos queimados e vegetação em regeneração no entorno da cavidade SPT-0316 (b).

As cavidades inseridas em encosta com ocupação antrópica, são caracterizadas pela ocorrência de estruturas tais como cercas, canos relativos ao uso da água, barragens, caixa d'água, criação de animais (galinheiros, piscicultura), trilhas, estradas ou as edificações da própria expansão urbana (Figura 18). Destaca-se ainda que, algumas cavidades localizadas às margens do córrego do Pilar, têm o entorno imediato alterado devido à presença de gramíneas em lugar à vegetação natural ciliar.



Figura 18. Intervenção na vegetação relativa à ocupação antrópica com presença de estruturas: edificações no entorno imediato da cavidade SPT-0404(a); curral no entorno da cavidade SPT-0577 (b); cano e caixa d'água no entorno da cavidade SPT-0326, com a localização indicada pela seta branca (c).

Devido à baixa ou ausência de luminosidade, o ambiente subterrâneo caracteriza-se pela pequena produtividade primária. Reconhece-se, portanto, que a maior parte da produção nos ecossistemas

cavernícolas é de origem secundária e o alimento aportado à caverna é por via alóctone (Simon 2000).

De acordo com o levantamento da Carste Ciência e Meio Ambiente (2017), caracterizam-se como substratos orgânicos comuns às cavidades estudadas: material vegetal composto pela serapilheira da vegetação de entorno, folhas, gravetos e galhos, raízes mortas e sementes, distribuídos em pontos esparsos próximos à entrada das cavidades; raízes esparsas ou abundantes no piso, paredes/teto; detritos de origem vegetal, relacionado ao material particulado em decomposição, e de origem animal, referente aos vestígios de alimentação da fauna; guano de Chiroptera de dieta frugívora, hematófaga e insetívora e guano de ave; fezes de vertebrados não voadores referentes a fauna com dieta alimentar insetívora e frugívora e; carcaça de invertebrados e vertebrados.

Entende-se, portanto, que a vegetação circundante é essencial para entrada de recursos pela ação da gravidade, vento, carreamento superficial ou drenagem; para o desenvolvimento de raízes que penetram às cavidades; e também para a manutenção da fauna troglóxena ou acidental que coabita os ambientes epígeos e hipógeos. A diversidade e a complexidade estrutural da cobertura vegetal como um todo é fundamental para a preservação das relações tróficas no interior das cavidades, principalmente em função do aporte de material orgânico oriundo do meio externo.

Dessa forma, levando em consideração que as interferências na cobertura vegetal do entorno ocasionam alteração no aporte de substratos orgânicos e na disponibilidade no ambiente subterrâneo, 17 cavidades alvo de estudo foram caracterizadas pela ocorrência do impacto em discussão.

Por fim, o impacto alteração no aporte e/ou disponibilidade de recursos tróficos foi classificado como de natureza negativa, pois atua desfavoravelmente ao aspecto ambiental considerado; tem caráter temporário, já que após o término das atividades, o impacto estará cessado; pode ser considerado como um impacto reversível, visto que ações corretivas podem ser implementadas com o objetivo de recuperar o ambiente afetado; tem efeitos cumulativos, levando em consideração a possibilidade do impacto na região de entorno e no ambiente cavernícola se somarem. Diante dessas características, o impacto foi classificado como de magnitude moderada.

ALTERAÇÃO NO MICROCLIMA DAS CAVIDADES

Conforme citado na descrição anterior dos impactos “alteração no aporte e/ou disponibilidade de recursos tróficos”, continua-se a referência às interferências na vegetação de entorno, como aspecto gerador desse impacto. A ocorrência de áreas de entorno imediato das cavidades tomadas por espécies invasoras (gramíneas) foi relacionada com a alteração no microclima das cavidades, categorizando a presença desse aspecto na área de influência, como fator que impacta as cavidades (Quadro 8).

Quadro 8. Registro dos elementos indicadores da ocorrência do impacto “alteração no microclima das cavidades”

Aspecto	Fonte/Atividade	Cavidades
---------	-----------------	-----------

Intervenção na vegetação de entorno	Encosta com ocupação antrópica	SPT-0306, SPT-0326, SPT-0328, SPT-0400, SPT-0404, SPT-0413, SPT-0431, SPT-0432, SPT-0433, SPT-0437, SPT-0458, SPT-0476/0497, SPT-0495, SPT-0577
	Introdução de espécies invasoras	SPT-0326, SPT-0328, SPT-0369, SPT-0371, SPT-0431, SPT-0433, SPT-0437, SPT-0476/0497, SPT-0495, SPT-0499

Destaca-se a importância da vegetação circundante para a manutenção da integridade dos aspectos microclimáticos de cavidades em relação ao grau de sombreamento e barreira contra o vento e poeira. As alterações das condições ambientais podem compreender fatores associados à intensidade luminosa, temperatura e umidade do ar, umidade do solo e carregamento de componentes químicos.

Em locais mais próximos à mata ciliar do córrego do Pilar, considerou-se que a ocorrência de vegetação florestal (mais densa e estratificada) é naturalmente importante para a manutenção das condições abióticas das cavidades. Especificamente para os locais onde a vegetação é campestre, tal como as cavidades inseridas em campo rupestre ferruginoso, a importância da proteção foi considerada mais sutil. De tal modo, 15 cavidades foram categorizadas pela ocorrência do impacto Alteração do microclima, devido às interferências na vegetação de entorno imediato (Figura 19).



Figura 19. Intervenção na vegetação de entorno imediato, relativa à ocorrência de vegetação de pequeno porte (gramíneas), com efeitos no microclima das cavidades SPT-0499 (a), SPT-0437 (b), SPT-0476/497 (c) e SPT-0433 (d).

O impacto “alteração no microclima das cavidades” foi classificado como de natureza negativa, pois a reduzida cobertura vegetal pode influenciar desfavoravelmente no microclima das cavidades; tem caráter temporário, já que após o término das atividades, a vegetação poderá ser recomposta; pode ser considerado como um impacto reversível, visto que ações corretivas podem ser implementadas com o objetivo de se retomar as condições originais; tem efeitos cumulativos, levando em consideração a possibilidade do impacto no ambiente cavernícola e área de entorno

se somarem. Diante dessas características, a alteração do microclima das cavidades consiste em um impacto de magnitude moderada.

ALTERAÇÃO NA ESTRUTURAÇÃO DAS COMUNIDADES DA FAUNA

Ainda em referência ao registro do aspecto “interferência na vegetação de entorno”, listou-se também como impacto a “alteração na estruturação das comunidades da fauna”.

Sabe-se que para os ambientes cavernícolas, os processos relacionados à disponibilidade contínua de recursos alimentares são de extrema importância para a manutenção da integridade biótica. Nas cavernas, a importação de recursos oriundos do ambiente externo e a dinâmica de sua acumulação são as bases sobre as quais as comunidades hipógeas estão estruturadas (Culver 1982, Decu 1986).

Evidencia-se que as atividades relativas à: extração pretérita de recursos minerais (alteração na topografia e supressão de vegetação); queimadas (vegetação de porte rasteiro e em processo de regeneração); ocupação antrópica (supressão da vegetação para instalação de cercas, canos, barramento, galinheiros, tanques de piscicultura, trilhas, estradas ou edificações); e introdução de espécies invasoras; promoveram as alterações na vegetação do entorno imediato das cavidades listadas no Quadro 9.

Quadro 9. Registro dos elementos indicadores da ocorrência do impacto “alteração na estruturação das comunidades da fauna” nas cavidades em estudo

Aspecto	Fonte/Atividade	Cavidade
Intervenção na vegetação de entorno	Extração de recursos minerais	SPT-0306, SPT-0458
	Queimadas	SPT-0316, SPT-0465
	Encosta com ocupação antrópica	SPT-0306, SPT-0326, SPT-0328, SPT-0400, SPT-0404, SPT-0413, SPT-0431, SPT-0432, SPT-0433, SPT-0437, SPT-0458, SPT-0476/0497, SPT-0495, SPT-0577
	Introdução de espécies invasoras	SPT-0400, SPT-0404, SPT-0433, SPT-0437, SPT-0476/497, SPT-0495, SPT-0499

Deste modo, levando em consideração que a interferência na cobertura vegetal de entorno é responsável pela modificação da composição de espécies da fauna cavernícola, categorizou-se a presença do impacto para 17 cavidades em estudo. O impacto foi classificado como de natureza negativa, pois atua desfavoravelmente ao aspecto ambiental considerado; tem caráter temporário, já que a alteração ocorre em consequência à execução das atividades; pode ser considerado como um impacto reversível, visto que ações corretivas podem ser implementadas com o objetivo de recuperar o ambiente afetado; tem efeitos cumulativos, levando em consideração a possibilidade do impacto na região de entorno e no ambiente cavernícola se somarem. Diante dessas características, o impacto foi classificado como de magnitude moderada.

CARACTERIZAÇÃO GERAL DOS IMPACTOS ESPELEOLÓGICOS

Em um panorama geral, destaca-se que, do conjunto de cavidades avaliadas, 41 apresentaram algum impacto espeleológico. Inversamente, 16 cavidades (SPT-0305, SPT-0319, SPT-0344, SPT-0351, SPT-0360, SPT-0369, SPT-0393, SPT-0396, SPT-0421, SPT-0425, SPT-0434, SPT-0444, SPT-0451, SPT-0472, SPT-0481 e SPT-0484) evidenciaram-se pela ausência de impactos (Figura 20).

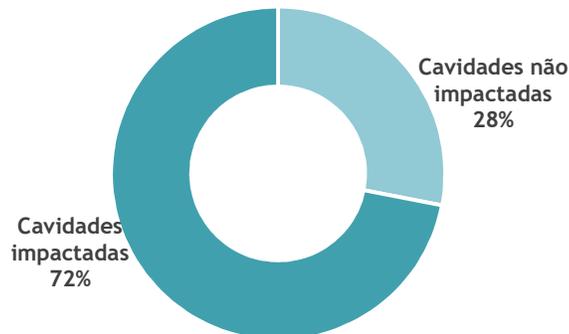


Figura 20. Proporção de cavidades com registro de impacto e sem registro de impacto

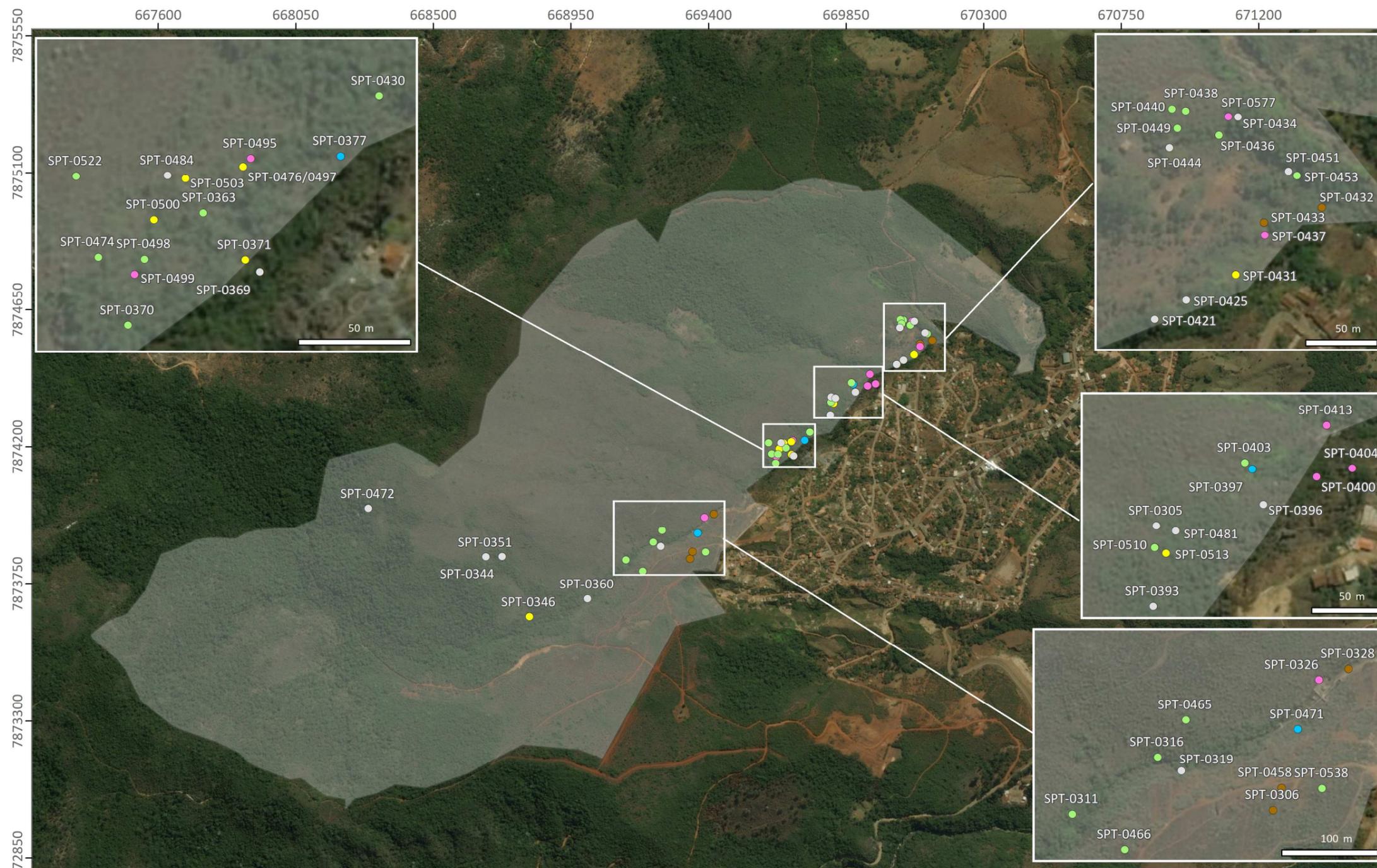
Do total avaliado, verificou-se que em 31,5% das cavidades foram identificados até dois tipos de impactos. As cavidades SPT-0306, SPT-0328, SPT-0432, SPT-0433 e SPT-0458, foram categorizadas pelo maior registro de alterações, com seis tipos de impactos em cada uma delas (Figura 21). Destaca-se que “alteração de habitats e micro-habitats” e “impacto visual” foram os impactos mais frequentes, contabilizados em cerca de 64% dos ambientes subterrâneos analisados. A Tabela 2 sumariza os registros de impactos efetuados para todas as cavidades inseridas na área da implantação da futura RPPN Fazenda Volta da Tropa.

Tabela 2. Ocorrência de impactos por cavidade avaliada

Cavidade	Alteração na dinâmica sedimentar	Alteração da dinâmica hídrica	Impacto visual	Alteração de habitats e micro-habitats	Alteração no aporte e/ou disponibilidade de recursos tróficos	Alteração no microclima das cavidades	Alteração na estruturação das comunidades da fauna	Total
SPT-0305								-
SPT-0306	x		x	x	x	x	x	6
SPT-0311			x	x				2
SPT-0316					x		x	2
SPT-0319								-
SPT-0326			x	x	x	x	x	5
SPT-0328	x		x	x	x	x	x	6
SPT-0344								-
SPT-0346	x		x	x				3
SPT-0351								-
SPT-0360								-
SPT-0363			x	x				2
SPT-0369								-
SPT-0370			x	x				2
SPT-0371	x		x	x				3
SPT-0377	x	x	x	x				4
SPT-0393								-



Cavidade	Alteração na dinâmica sedimentar	Alteração da dinâmica hídrica	Impacto visual	Alteração de habitats e micro-habitats	Alteração no aporte e/ou disponibilidade de recursos tróficos	Alteração no microclima das cavidades	Alteração na estruturação das comunidades da fauna	Total
SPT-0396								-
SPT-0397	x	x	x	x				4
SPT-0400			x	x	x	x	x	5
SPT-0403			x	x				2
SPT-0404			x	x	x	x	x	5
SPT-0413			x	x	x	x	x	5
SPT-0421								-
SPT-0425								-
SPT-0430			x	x				2
SPT-0431					x	x	x	3
SPT-0432	x		x	x	x	x	x	6
SPT-0433	x		x	x	x	x	x	6
SPT-0434								-
SPT-0436			x	x				2
SPT-0437			x	x	x	x	x	5
SPT-0438			x	x				2
SPT-0440			x	x				2
SPT-0444								-
SPT-0449			x	x				2
SPT-0451								-
SPT-0453			x	x				2
SPT-0458	x		x	x	x	x	x	6
SPT-0465					x		x	2
SPT-0466	x			x				2
SPT-0471	x	x	x	x				4
SPT-0472								-
SPT-0474			x	x				2
SPT-0476/0497					x	x	x	3
SPT-0481								-
SPT-0484								-
SPT-0495			x	x	x	x	x	5
SPT-0498			x	x				2
SPT-0499			x	x	x	x	x	5
SPT-0500	x		x	x				3
SPT-0503	x		x	x				3
SPT-0510			x	x				2
SPT-0513	x		x	x				3
SPT-0522			x	x				2
SPT-0538			x	x				2
SPT-0577			x	x	x	x	x	5

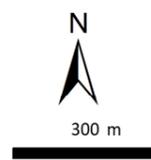


**Análise de impacto
Fazenda Volta da Tropa**



*Localização das cavidades
segundo a quantidade de impactos*

Plano de Projeção UTM
Meridiano Central 45°WGr
Fuso 23 - Zona K
Datum Horizontal SIRGAS 2000



- Cavidade sem registro de impacto
- Cavidade com registro de dois impactos
- Cavidade com registro de três impactos
- Cavidade com registro de quatro impactos
- Cavidade com registro de cinco impactos
- Cavidade com registro de seis impactos
- Limite da futura RPPN Fazenda Volta da Tropa

Figura 21. Cavidades com registro de impactos. Agrupamento decorrente da quantidade de alterações em cada ambiente avaliado

Verifica-se que a maioria dos impactos elencados nas cavidades foram classificados como de natureza negativa, de caráter temporário e reversível, com efeitos cumulativos e, consequentemente, de magnitude moderada (Figura 22). Exceção ocorreu para o impacto “alteração visual”, em relação ao aspecto de alteração morfológica, sendo considerado impacto irreversível no caso das cavidades SPT-0397 e SPT-0503 e, consequentemente, de magnitude alta.



Figura 22. Classificação geral dos impactos identificados nas cavidades em análise

As causas mais frequentes e que implicaram em um maior registro de impactos, foram relativas à exploração de recursos minerais e à ocupação antrópica da área (Figura 23).

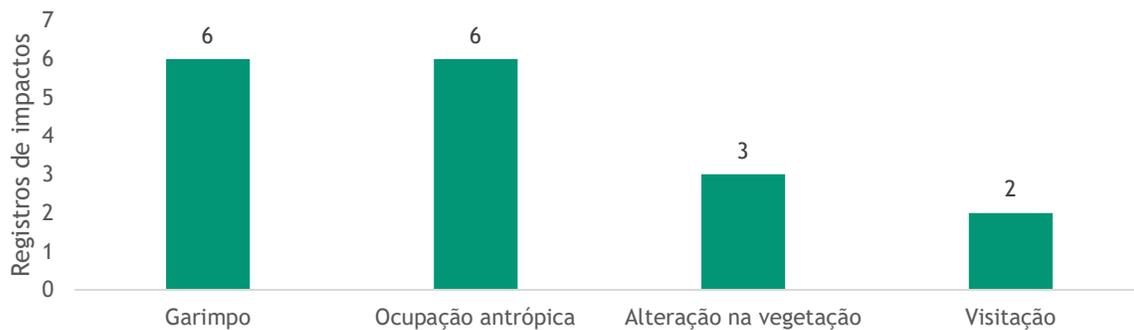


Figura 23. Síntese dos elementos causadores de impactos nas cavidades da Fazenda Volta da Trova

O garimpo foi considerado uma prática comum na região, com valor reconhecidamente histórico. Tratam-se, aparentemente, de atividades minerárias pretéritas e cessadas, sendo provável a ocorrência de um contínuo processo de restabelecimento natural de tais sistemas impactados. Inviabiliza-se, dessa forma, a sugestão de ações de mitigação e de restauração, que poderiam causar novas interferências e influenciar negativamente no retorno do novo equilíbrio dinâmico constituído nos ambientes impactados. Indica-se, no entanto, a aplicação de ações no âmbito da educação ambiental, de forma a promover a conservação desse importante caractere sociocultural.

No que se refere à ocupação antrópica na área e à proximidade do centro urbano de Morro do Pilar, verificaram-se fatores que abrangem desde o uso da água, o descarte de resíduos sólidos, a ocorrência de estradas não pavimentadas, até a criação de animais no entorno como meios que repercutem em alterações observadas nos ambientes cavernícolas. As alterações na vegetação de entorno relativas à presença de espécies invasoras e à prática de queimadas, assim como a visitação no interior das cavidades, resultaram em uma menor frequência de impactos, ainda que não menos significativos. Para todos os casos, as ações de mitigação indicadas referem-se à melhoria das condições ambientais nas cavidades, possibilitando o resgate da dinâmica evolutiva, do equilíbrio ecológico e da sua integridade física. O controle e o monitoramento ambiental também são sugeridos para assegurar a efetividade das ações de recuperação, conforme indicado na Matriz de avaliação de impactos.

MATRIZ DE AVALIAÇÃO DE IMPACTOS

Impacto	Aspecto Ambiental	Fonte/Atividade	Critério de Valoração					Ações	
			Natureza	Temporalidade	Reversibilidade	Sinergia	Magnitude	Mitigação	Controle ambiental e monitoramento
Alteração da dinâmica sedimentar	Aumento do aporte de sedimentos alóctones	Acessos não pavimentados e exploração de recursos minerais	Negativa	Temporária	Reversível	Cumulativa	Moderada	Instalação de sistemas de drenagem de águas pluviais, de contenção de sedimentos e de controle do escoamento superficial Retirada de material inconsolidado na beira da estrada (próxima à cavidade SPT-0466)	Programa de monitoramento de processos erosivos
		Encosta com ocupação antrópica						Revegetação Retirada das estruturas	Programa de recuperação de áreas degradadas
	Diminuição do aporte de sedimentos; remobilização de sedimentos	Uso da água (canalização)						Retirada do cano de PVC da cavidade SPT-0471	-
	Diminuição do aporte de sedimentos	Exploração de recursos minerais						As atividades minerárias estão cessadas e com valor arqueológico. Devido a tal fato, não são sugeridas medida mitigadoras relacionadas a essa atividade.	Programa de educação ambiental
	Remobilização/empilhamento de blocos								
	Alteração da granulometria								
	Geração de sedimentos								
Agradação de sedimento por contenção artificial de fluxo									

Impacto	Aspecto Ambiental	Fonte/Atividade	Critério de Valoração					Ações	
			Natureza	Temporalidade	Reversibilidade	Sinergia	Magnitude	Mitigação	Controle ambiental e monitoramento
Alteração da dinâmica hídrica subterrânea	Diminuição do fluxo	Uso da água (canalização)	Negativa	Temporária	Reversível	Cumulativa	Moderada	Retirada do cano de PVC da cavidade SPT-0471	Programa de educação ambiental
		Exploração de recursos minerais						As atividades minerárias estão cessadas e com valor arqueológico. Devido a tal fato, não são sugeridas medida mitigadoras relacionadas a essa atividade.	
	Contenção de fluxo	Exploração de recursos minerais							
Impacto visual	Alteração morfológica	Exploração de recursos minerais	Negativa	Temporária	Reversível / Irreversível	Cumulativa	Moderada / Alta	As atividades minerárias estão cessadas e com valor arqueológico. Devido a tal fato, não são sugeridas medida mitigadoras relacionadas a essa atividade.	Programa de educação ambiental
	Presença de resíduos sólidos	Moradores locais						Retirada de resíduos sólidos das cavidades	
	Vestígios de alterações antrópicas	Visita técnica						Revisão de periodicidade de visita técnica em cavidades	Plano de manejo para cavidades a serem contempladas com visita Programa de educação ambiental
Alteração de habitats e micro-habitats	Aporte não natural de sedimentos alóctones	Acessos não pavimentados	Negativa	Temporária	Reversível	Cumulativa	Moderada	Instalação de sistemas de drenagem de águas pluviais, de contenção de sedimentos e de controle do escoamento superficial Retirada de material inconsolidado na beira da estrada (próxima à cavidade SPT-0466) Revegetação Retirada de estruturas	Programa de monitoramento de processos erosivos Programa de recuperação de áreas degradadas
		Encosta com ocupação antrópica							

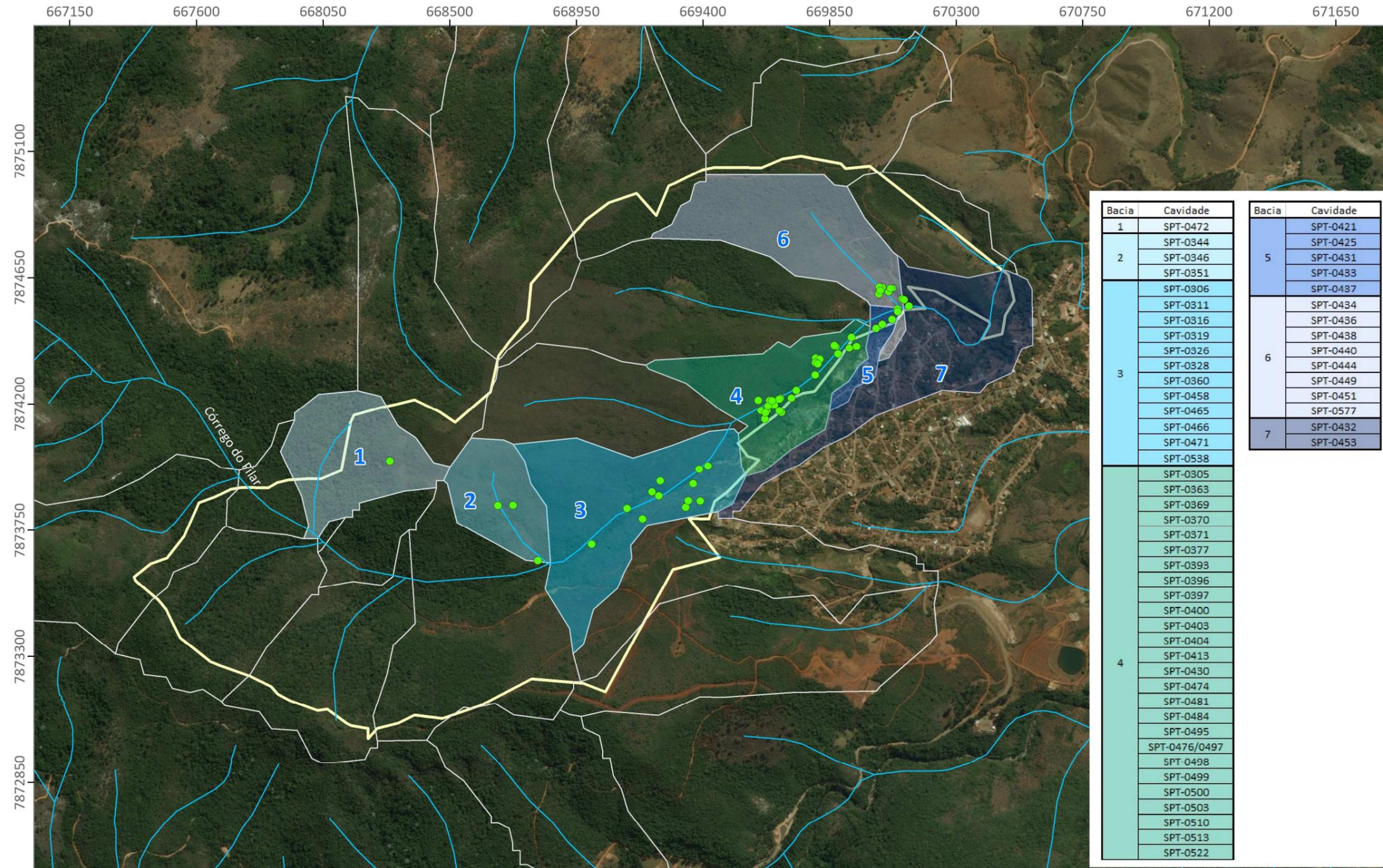
Impacto	Aspecto Ambiental	Fonte/Atividade	Critério de Valoração					Ações	
			Natureza	Temporalidade	Reversibilidade	Sinergia	Magnitude	Mitigação	Controle ambiental e monitoramento
	Remobilização/empilhamento de blocos	Exploração de recursos minerais						As atividades minerárias estão cessadas e com valor arqueológico. Devido a tal fato, não são sugeridas medida mitigadoras relacionadas a essa atividade.	Programa de educação ambiental
	Escavação/criação de conduto								
	Entupimento de conduto								
	Contenção de fluxo/empocamento	Uso da água (canalização)							
	Diminuição do fluxo hídrico								
	Remobilização de blocos	Moradores locais							
	Presença de resíduos sólidos								
Remobilização/fragmentação de sedimentos e pisoteamento	Visita técnica	Revisão de periodicidade de visita técnica em cavidades	Programa de manejo para cavidades a serem contempladas com visita Plano de educação ambiental						
Alteração no aporte e/ou disponibilidade de recursos tróficos	Intervenção na vegetação de entorno	Exploração de recursos minerais	Negativa	Temporária	Reversível	Cumulativa	Moderada	Revegetação de encostas	Programa de educação ambiental
		Queimadas						Registro de incêndios florestais e formação de brigada de incêndio	Programa de controle de incêndios florestais
		Encosta com ocupação antrópica						Retirada de estruturas: galinheiro (cavidades SPT-0437 e SPT-0432), tanque de piscicultura (cavidade SPT-0433) e curral (SPT-0577) Revegetação de encostas	Programa de educação ambiental
		Introdução de espécies invasoras						Revegetação de encostas	Programa de recuperação de áreas degradadas
Alteração no microclima das cavidades	Intervenção na vegetação de entorno	Encosta com ocupação antrópica	Negativa	Temporária	Reversível	Cumulativa	Moderada	Retirada de estruturas: galinheiro (cavidades SPT-0437 e SPT-0432), tanque de piscicultura (cavidade SPT-0433) e curral (SPT-0577) Revegetação de encostas	Programa de educação ambiental
		Introdução de espécies invasoras						Revegetação de encostas	Programa de recuperação de áreas degradadas

Impacto	Aspecto Ambiental	Fonte/Atividade	Critério de Valoração					Ações	
			Natureza	Temporalidade	Reversibilidade	Sinergia	Magnitude	Mitigação	Controle ambiental e monitoramento
Alteração na estruturação das comunidades da fauna	Intervenção na vegetação de entorno	Exploração de recursos minerais	Negativa	Temporária	Reversível	Cumulativa	Moderada	Revegetação de encostas	Programa de educação ambiental
		Queimadas						Registro de incêndios florestais e formação de brigada de incêndio	Programa de controle de incêndios florestais
		Encosta com ocupação antrópica						Retirada de estruturas: galinheiro (cavidades SPT-0437 e SPT-0432), tanque de piscicultura (cavidade SPT-0433) e curral (SPT-0577) Revegetação de encostas	Programa de educação ambiental
		Introdução de espécies invasoras						Revegetação de encostas	Programa de recuperação de áreas degradadas

CARACTERIZAÇÃO DA PAISAGEM NO CONTEXTO DE IMPACTOS ESPELEOLÓGICOS

Com base em observações realizadas em campo foi possível verificar que, algumas das alterações analisadas na paisagem podem ter como consequência, impactos diretos nas cavidades em estudo. Dessa forma, essa análise visa resguardar a integridade física e biológica, a partir da preservação do entorno das mesmas, sem, no entanto, classificar os impactos no que se refere as suas natureza, temporalidade, reversibilidade, sinergia e magnitude.

Para uma compreensão mais detalhada do cenário da área, a bacia do córrego do Pilar foi subdivida em trechos. Essa subdivisão teve como referência a Base Hidrográfica Ottocodificada (BHO) da Agência Nacional de águas (ANA). A BHO representa a rede hidrográfica em trechos entre os pontos de confluência dos cursos d'água de forma unifilar. Cada trecho é associado a uma superfície de drenagem denominada ottobacia. Essa representação indica corretamente o fluxo hidrológico dos rios, por meio de trechos conectados e com sentido de fluxo. A Figura 24 apresenta as sete ottobacias do córrego do Pilar nas quais as cavidades de estudos estão inseridas.

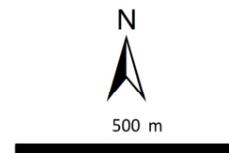


**Análise de impacto
Fazenda Volta da Tropa**

*Localização das cavidades
segundo as ottobacias*



Plano de Projeção UTM
Meridiano Central 45°WGr
Fuso 23 - Zona K
Datum Horizontal SIRGAS 2000



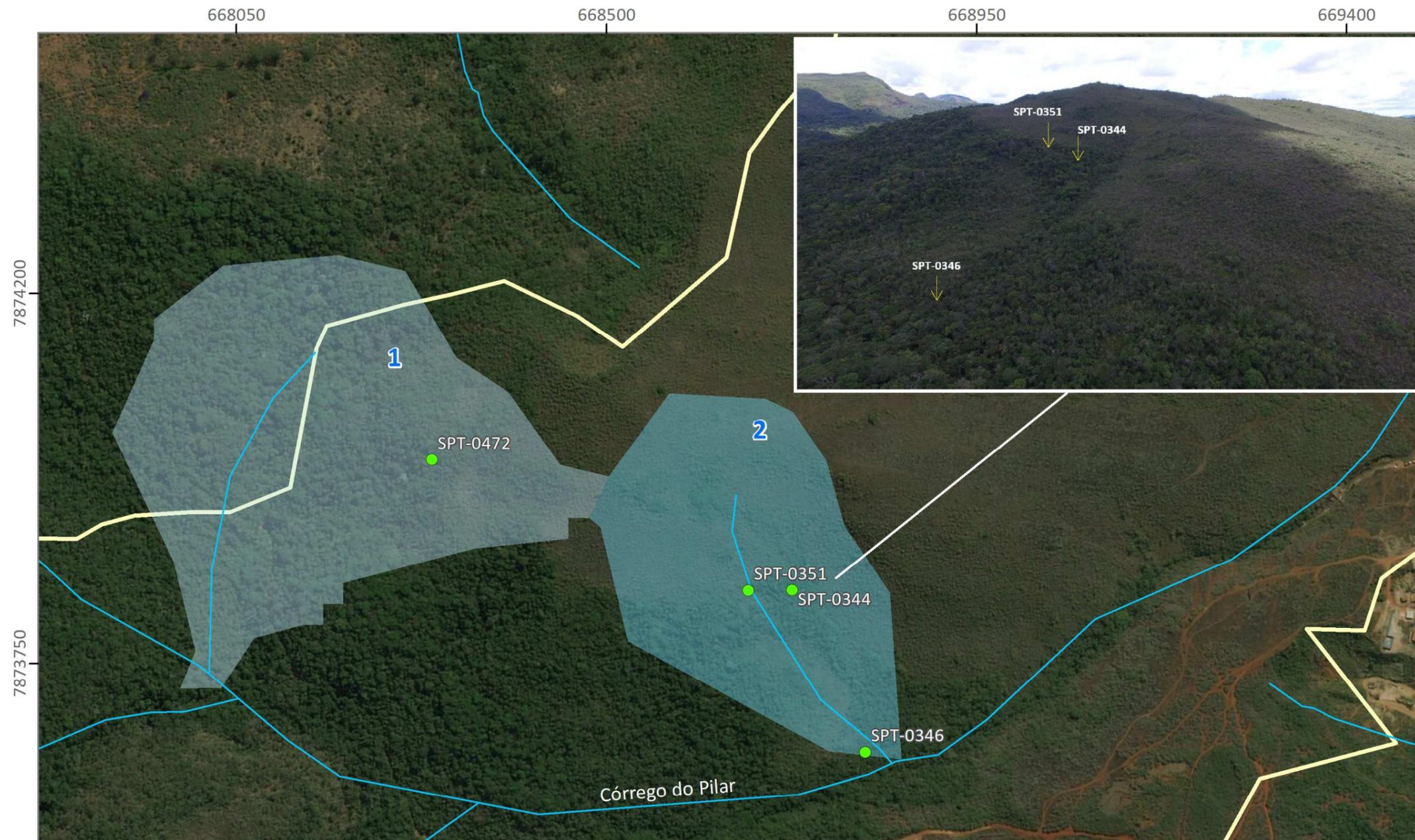
- Cavidade
- Drenagem
- Ottobacia 1
- Ottobacia 2
- Ottobacia 3
- Ottobacia 4
- Ottobacia 5
- Ottobacia 6
- Ottobacia 7
- Ottobacia
- Limite da futura RPPN
Fazenda Volta da Tropa

Figura 24. Localização das cavidades segundo as ottobacias do córrego do Pilar

CARACTERIZAÇÃO DAS OTTOBACIAS 1 E 2

As ottobacias 1 e 2 são drenadas por afluentes de primeira ordem da margem esquerda do córrego do Pilar (Figura 25). A cavidade SPT-0472 se localiza na ottobacia 1, e em vertente oposta à ottobacia 2, na qual estão inseridas as cavidades: SPT-0344, SPT-0346 e SPT-0351. As cavidades SPT-0344, SPT-0351 e SPT-0472 se encontram em alta vertente e na quebra do relevo, formada pelo platô de canga. Já a cavidade SPT-0346 se situa na baixa vertente e a oeste do afluente do córrego do Pilar (Figura 25). As ottobacias 1 e 2 são caracterizadas por apresentar melhor estado de preservação em relação às demais ottobacias de inserção das cavidades em estudo, uma vez que se encontram mais afastadas da área de concentração urbana. A presença de uma cobertura vegetal mais adensada e declividade acentuada também representam fatores que, possivelmente contribuem para a maior conservação da área em relação à visitação.

As alterações na paisagem mais significativas verificadas nas ottobacias 1 e 2 estão associadas a estradas não pavimentadas e trilhas de acesso às cavidades. Os acessos não foram identificados como fonte geradora de sedimentos alóctones para as cavidades. Contudo, as trilhas de acesso às cavernas podem apresentar um fator facilitador para o trânsito de pessoas na área. Por exemplo, no entorno imediato da cavidade SPT-0351, acerca de 5 metros da entrada, foi observada a presença de resíduo sólido (plástico), que representa um impacto visual na paisagem.

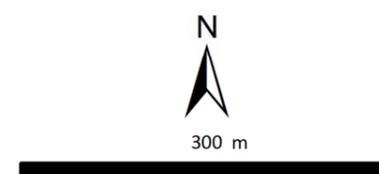


**Análise de impacto
Fazenda Volta da Tropa**



*Localização das
ottobacias 1 e 2*

Plano de Projeção UTM
Meridiano Central 45°WGr
Fuso 23 - Zona K
Datum Horizontal SIRGAS 2000



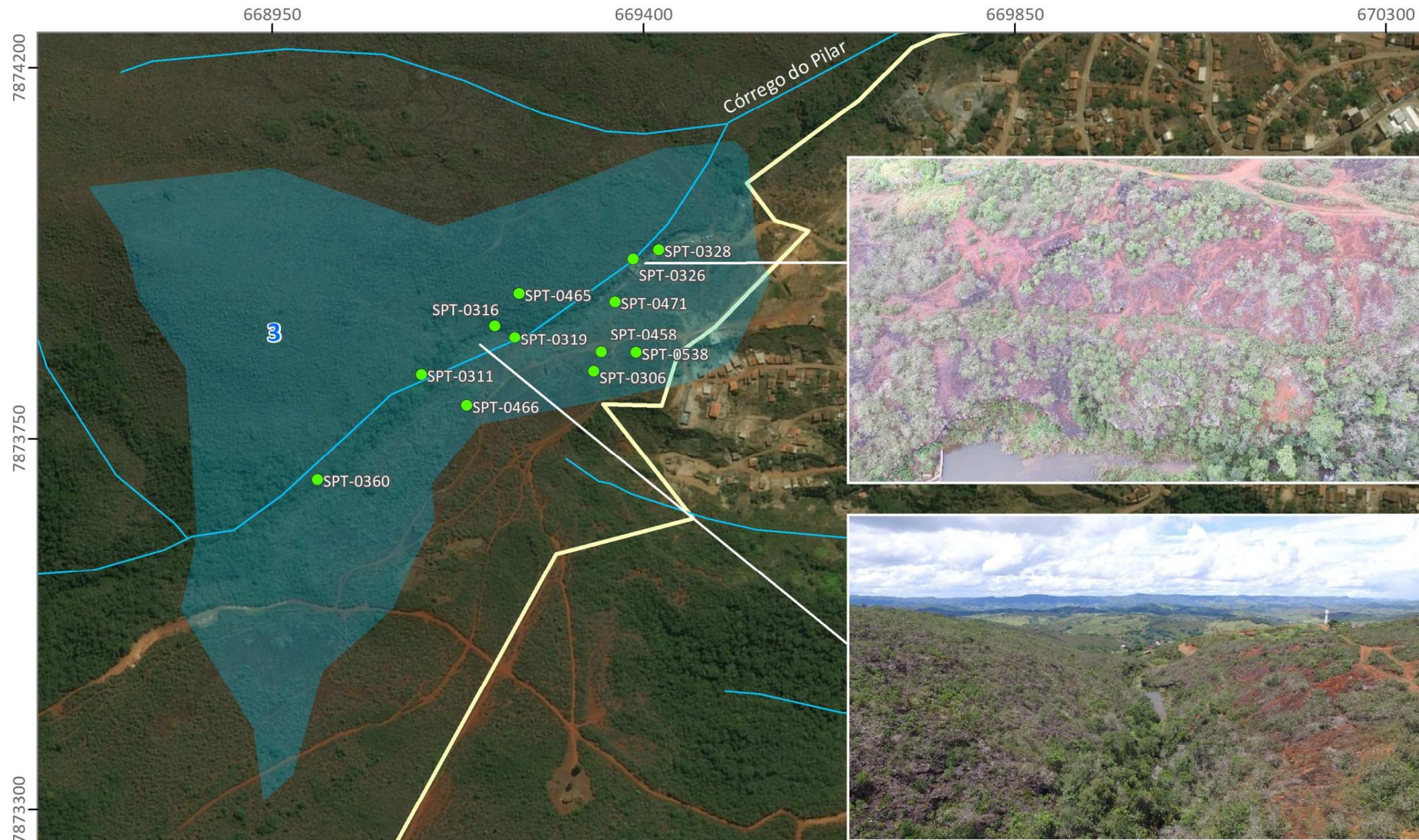
- Caverna
- Drenagem
- Ottobacia 1
- Ottobacia 2
- Limite da futura RPPN
- Fazenda Volta da Tropa

Figura 25. Limites das ottobacias 1 e 2, bem como a localização cavidades em estudo

CARACTERIZAÇÃO DA OTTOBACIA 3

A ottobacia 3 possui o córrego do Pilar como canal de drenagem principal, que divide a área nas vertentes da margem direita e esquerda (Figura 26). As duas vertentes apresentam aspectos e grau de alteração antrópica diferenciados. A vertente da margem esquerda possui cobertura vegetal mais bem preservada em relação à direita, que por sua vez apresenta apenas fragmentos vegetação arbórea arbustiva (campo rupestre ferruginoso), em meio a solo exposto.

Conforme retratado no item Avaliação de impactos ao patrimônio espeleológico, as ações antrópicas verificadas na margem direita do córrego, tais como abertura de acessos e atividade de exploração de recursos minerais, contribuíram para uma paisagem muito alterada. Essas alterações proporcionaram o desenvolvimento de um relevo em desequilíbrio e com elevado grau de instabilidade pelo aumento dos processos erosivos. Ao longo da vertente da margem direita é possível observar que uma grande quantidade material é transportada em direção ao córrego do Pilar, alterando a sua dinâmica sedimentar natural e, podendo até mesmo, levar ao seu assoreamento (Figura 26).

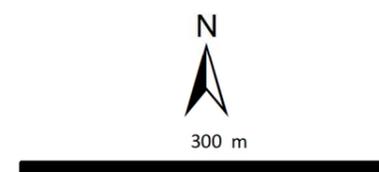


**Análise de impacto
Fazenda Volta da Tropa**



*Localização da
ottobacia 3*

Plano de Projeção UTM
Meridiano Central 45°WGr
Fuso 23 - Zona K
Datum Horizontal SIRGAS 2000



- Cavidade
- Drenagem
- Ottobacia 3

- Limite da futura RPPN
Fazenda Volta da Tropa

Figura 26. Limite da ottobacia 3 e localização cavidades em estudo

Apesar do maior grau de preservação da margem esquerda, alguns aspectos importantes relacionados às ações antrópicas são observados em ambas as margens:

1. Supressão da vegetação/geração de sedimentos
2. Estruturas de captação de água
3. Construções
4. Presença de resíduos sólidos

De acordo com Quadro 10, esses aspectos estão associados a algum tipo de atividade ou agente propulsor da alteração na paisagem. Algumas das alterações podem acarretar em possíveis impactos no interior das cavidades.

Quadro 10. Aspectos relacionados à alteração da paisagem da ottobacia 3, bem como possíveis impactos nas cavidades

Aspecto	Agente /Atividade	Impacto na paisagem	Impacto potencial nas cavidades	Cavidade alvo
Supressão da vegetação/ Geração de sedimentos	Queimada	Alteração da dinâmica sedimentar dos cursos d'água superficiais	Alteração da dinâmica sedimentar subterrânea Alteração de habitats e micro-habitats Alteração no aporte e/ou disponibilidade de recursos tróficos Alteração no microclima das cavidades Alteração na estruturação das comunidades da fauna	SPT-0306, SPT-0311, SPT-0316, SPT-0319, SPT-0326, SPT-0328, SPT-0360, SPT-0458, SPT-0465, SPT-0466, SPT-0471, SPT-0538
Estruturas de captação de água	Uso da água	Impacto visual Alteração da topografia Alteração da dinâmica hidrológica superficial	Alteração da dinâmica hidrológica subterrânea Alteração de habitats e micro-habitats Alteração no aporte e/ou disponibilidade de recursos tróficos	SPT-0326, SPT-0328,
Construções	Ocupação antrópica	Impacto visual	Impacto visual	SPT-0326, SPT-0328, SPT-0538
Presença de resíduos sólidos	Moradores locais	Impacto visual	-	SPT-0306; SPT-0471, SPT-0538

Através de observações de campo e fotografias aéreas da área, foi possível verificar que a cobertura vegetal de parte da margem esquerda apresenta indícios de queimada. A área com maior evidência de queimada abrange o entorno das cavidades SPT-0316 e SPT-0465, na qual também se nota a presença de espécies invasoras. Entretanto, é válido mencionar que essa atividade pode ter abrangido ambas as margens da ottobacia 3. A supressão da cobertura vegetal a partir das queimadas pode levar a geração de sedimentos (aspecto 1 do Quadro 10). Esses sedimentos são passíveis de serem transportados e depositados no interior das cavidades em estudo, sobretudo durante eventos chuvosos. A entrada desse material dentro das cavidades tem como consequência o aumento do aporte de sedimentos alóctones, alterando a dinâmica sedimentar, a disponibilidade de habitats e micro-habitats das mesmas. Em adição, a própria interferência na cobertura vegetal, pode acarretar na interferência no microclima, no aporte de substratos orgânicos e na estruturação da fauna subterrânea.

O segundo aspecto está relacionado às estruturas de captação de água no córrego do Pilar, tais como a barragem, a caixa d'água e canos, localizadas no baixo curso da ottobacia 3. A barragem afeta diretamente a dinâmica hídrica desse córrego, sobretudo a sua vazão. Consequentemente, a dinâmica hidrológica, a disposição de habitats e micro-habitats e o aporte de substratos orgânicos das cavidades situadas em terço inferior da vertente e leito menor do córrego do Pilar (SPT-0326, SPT-0328), podem ter sido afetados após o barramento, em função da alteração do nível de extravasamento das águas do córrego. Dessa forma, ressalta-se a necessidade de estudos na área que indique o comportamento hidrológico do córrego do Pilar antes e após a implementação do barramento. É válido mencionar que, com base nos relatos dos moradores locais, após a instalação da barragem houve uma diminuição da vazão do córrego, sobretudo nos períodos de estiagem.

Na área em que se localiza a barragem, nota-se a presença expressiva de feições erosivas côncavas na base das vertentes. Durante período chuvoso foi observado que o volume de água aumenta e extravasa a barragem, possivelmente proporcionando o aumento da erosão regressiva das margens do córrego, alterando inclusive a topografia natural da paisagem. Destaca-se a presença de cavidades localizadas muito próximas a esses focos erosivos (SPT-0326, SPT-0328 e SPT-0471). A supressão da cobertura vegetal na vertente da margem direita, principalmente da mata ciliar representa um elemento que contribui para aceleração desses processos (Figura 27).



Figura 27. Caixa d'água instalada no entorno da cavidade SPT-0326 (a). Cano instalado em frente à cavidade SPT-0328 (b); Localização das cavidades SPT-0326 (base da vertente) e SPT-0471 (próxima à margem direita) em relação às feições erosivas associadas à barragem.

O terceiro aspecto faz referência às construções associadas à ocupação humana, tais como estruturas de captação de água, casas, cultura de animais e cercas. Essas estruturas proporcionam o impacto visual na paisagem geral da ottobacia 3, bem como no entorno imediato de algumas cavidades. Citam-se como exemplo, as estruturas de captação de água no entorno das cavidades SPT-0326 e SPT-0328 (Figura 27). Ademais, acerca de cinco metros à montante da cavidade SPT-0538, há presença de uma estrutura de encanamento que acompanha aproximadamente, o topo da vertente de inserção da mesma (Figura 28). Essa estrutura parece estar associada à área de ocupação urbana localizada na vertente oposta em relação à localização dessa cavidade.

Com a exceção da barragem, as construções identificadas na área, aparentemente não implicam em outros tipos impactos diretos ou indiretos nas cavidades, além do visual. No entanto, é válido mencionar que a construção de novas estruturas na área em função, inclusive de uma possível expansão urbana em direção à ottobacia 3, pode contribuir a formação de processos erosivos. Destaca-se ainda que essa porção sudeste da ottobacia possui ruptura de declive acentuada e com cobertura vegetal degradada. Sendo assim, a instalação de estruturas como encanamentos, cercas, entre outros, pode favorecer o desenvolvimento de novos processos erosivos na área.

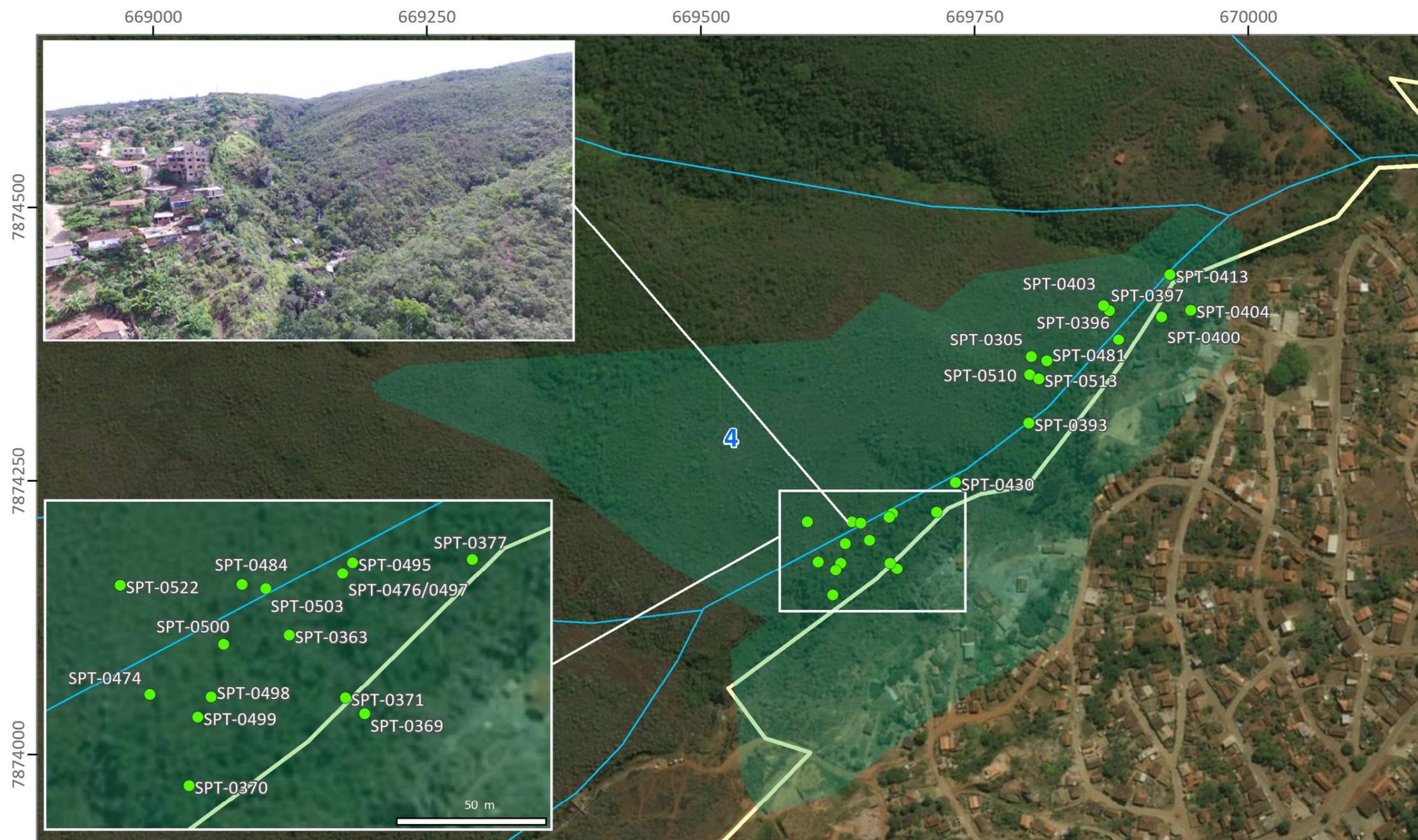


Figura 28. Vista para o interflúvio que divide a porção sudeste da ottobacia 3 e a área de ocupação. Nota-se presença de uma estrutura de encanamento no topo e no entorno imediato da cavidade SPT-0538 (a); Presença de encanamento e cercas no topo da porção sudeste da ottobacia 3

No entorno imediato das cavidades localizadas, sobretudo próximas ao loteamento, observa-se uma presença maior de resíduos sólidos, referente ao quarto aspecto. Estes depósitos, muito possivelmente têm como principal agente, os moradores locais. De forma geral, o tamanho reduzido das entradas das cavidades, assim como sua posição (perpendicular em relação à inclinação máxima da vertente de inserção), não tende a favorecer o aporte destes depósitos. Sendo assim, a presença dos resíduos sólidos está mais relacionada ao impacto visual no entorno dessas cavidades.

CARACTERIZAÇÃO DA OTTOBACIA 4

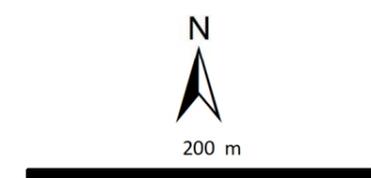
A ottobacia 4 possui o córrego do Pilar como canal de drenagem principal, que divide a área nas vertentes da margem direita e esquerda. A maior parte das cavidades em estudo localizada na bacia em questão, encontra-se inserida na vertente da margem esquerda. Esta, por sua vez, apresenta vegetação bem preservada e presença de alterações menos significativas na paisagem ao se comparar com a margem direita (Figura 29).



**Análise de impacto
Fazenda Volta da Tropa**

*Localização da
ottobacia 4*

Plano de Projeção UTM
Meridiano Central 45°WGr
Fuso 23 - Zona K
Datum Horizontal SIRGAS 2000



- Caverna
- Drenagem
- Ottobacia 4
- Limite da futura RPPN Fazenda Volta da Tropa

Figura 29. Limite da ottobacia 4 e localização cavidades em estudo

O Quadro 11 apresenta as cavidades situadas na margem esquerda, formando três agrupamentos distintos com base nas características identificadas em seus entornos.

Quadro 11. Caracterização do entorno das cavidades localizadas na vertente da margem esquerda do córrego do Pilar

Grupo	Caracterização do entorno	Cavidade
1	Pontos esparsos de introdução de espécies invasoras (gramíneas); vestígios arqueológicos (“muros de pedras”); trilhas de acessos às cavidades	SPT-0305, SPT-0363, SPT-0370, SPT-0393, SPT-0397, SPT-0403, SPT-0474, SPT-0481, SPT-0484, SPT-0498, SPT-0499, SPT-0500, SPT-0503, SPT-0522, SPT-0510, SPT-0513
2	Entorno com presença significativa de espécies invasoras (gramíneas); trilhas de acessos às cavidades	SPT-0476/0497, SPT-0495;
3	Presença de resíduos sólidos; supressão vegetal; presença de espécies invasoras	SPT-0377, SPT-0396, SPT-0430

No primeiro grupo, as cavidades estão concentradas no alto trecho da ottobacia 4. De forma geral, o entorno imediato dessas cavidades se encontra bem preservado, com presença de pontos esparsos de espécies invasoras. No entorno próximo de algumas delas, há também presença de vestígios arqueológicos, tais como “muros de pedra”. No grupo 2, o entorno imediato das cavidades é caracterizado pela presença abundante de gramíneas. Esse grupo se concentra no terço inferior e leito menor do córrego do Pilar, em que se observa maior alteração na paisagem em relação ao grupo 1, em função da maior proximidade com a área de ocupação urbana. Já as cavidades do grupo 3 se diferem das demais pela presença de lixo em seu entorno. Esse grupo se localiza no leito menor e vazante do córrego do Pilar, sendo constantemente ou periodicamente inundadas pela drenagem que transporta e deposita resíduos sólidos. O entorno dessas cavidades se caracteriza também pela presença de supressão vegetal e espécies invasoras (Figura 30).



Figura 30. Entorno imediato preservado da cavidade SPT-0370 (a); “muros de pedras” próximo à entrada da cavidade SPT-0363 (b); presença abundante de gramíneas no entorno da cavidade SPT-0476/0497 (c); resíduo sólido depositado pelo córrego do Pilar no entorno da cavidade SPT-0430.

No que diz respeito à margem direita da ottobacia 4, destaca-se que a topografia se encontra muito alterada pela presença de edificações concentradas no topo, uma vez que essa porção da bacia abrange parte do centro urbano do município de Morro do Pilar. A média e baixa encosta também é caracterizada pela presença de áreas desmatadas, muitas espécies invasoras (gramíneas), além da grande quantidade de resíduos sólidos (lixo) gerada pelos moradores locais.

Com base na caracterização da paisagem da ottobacia 4, foram identificados três tipos de aspectos (Quadro 12):

1. Supressão da vegetação/geração de sedimentos
2. Presença de resíduos sólidos
3. Efluentes líquidos

Quadro 12. Aspectos relacionadas à alteração da paisagem da ottobacia 4, bem como possíveis impactos nas cavidades

Aspecto	Agente/Atividade	Impacto na paisagem	Impacto potencial nas cavidades	Cavidade alvo
Supressão da vegetação /	Encosta com ocupação antrópica	Alteração da dinâmica sedimentar dos cursos d'água superficiais	Alteração da dinâmica sedimentar subterrânea	SPT-0369, SPT-0371, SPT-0400; SPT-0404; SPT-0413

Aspecto	Agente/Atividade	Impacto na paisagem	Impacto potencial nas cavidades	Cavidade alvo
geração de sedimentos			Alteração de habitats e micro-habitats Alteração no aporte e/ou disponibilidade de recursos tróficos Alteração no microclima das cavidades Alteração na estruturação das comunidades da fauna	
Presença de resíduos sólidos	Moradores locais	Impacto visual	Impacto visual Alteração de habitats e micro-habitats	SPT-0369, SPT-0370, SPT-0371, SPT-0377, SPT-0400, SPT-0404, SPT-0430
Efluentes líquidos	Ocupação antrópica	Alteração da qualidade dos cursos d'água superficiais	Alteração da qualidade hidrológica subterrânea Alteração na estruturação das comunidades da fauna	SPT-0369, SPT-0371, SPT-0377, SPT-0396, SPT-0430, SPT-0404, SPT-0413

De acordo com o Quadro 12, o primeiro aspecto de geração está relacionado a toda extensão da encosta margem direita da ottobacia 4, em função da ocupação antrópica. Estas construções, associadas à supressão vegetal (inclusive da mata ciliar), inserção de espécies invasoras e inclinação do relevo proporcionam à instabilidade da encosta e geração de sedimentos. Esses sedimentos são transportados pela vertente, sobretudo durante eventos chuvosos, promovendo a alteração da dinâmica sedimentar do córrego do Pilar. Esse material também é passível de ser carregado para interior das cavidades, alterando a dinâmica sedimentar das mesmas. As cavidades que apresentam maior quantidade de lixo no entorno são aquelas localizadas na margem direita: SPT-0400, SPT-0404 e SPT-0413 (Figura 31). Da mesma forma, as intervenções na vegetação podem, potencialmente, acarretar na alteração no aporte trófico às cavidades, no microclima na porção da entrada e conseqüentemente, na estruturação da fauna cavernícola.



Figura 31. Contexto de inserção da cavidade SPT-0404 em encosta com presença de edificações e trilhas e resíduos sólidos gerados pelos moradores (a); esgoto sendo ejetado das casas diretamente das casas no córrego do Pilar, em trecho próximo à cavidade SPT-0404.

O segundo aspecto está associado à presença de resíduos sólidos (lixo) gerados pelos moradores locais. Este aspecto foi observado no entorno imediato de várias cavidades estudadas que estão localizadas em ambas as margens do córrego do Pilar (Quadro 12). A presença de lixo no cenário da área de estudo gera o impacto visual na paisagem e, uma vez que estes depósitos são passíveis de adentrar o interior das mesmas, este impacto também pode estar previsto para as cavidades em estudo. No âmbito biológico, a presença de lixo pode acarretar na alteração de habitats e micro-habitats subterrâneos. O entorno e interior das cavidades SPT-0400 e SPT-0404 podem ser caracterizados como as áreas mais significativas em termos de presença de lixo. Destaca-se que esta área é dotada de beleza cênica, com potencial para uso turístico e recreação, uma vez que apresenta pontos de cachoeiras e poços ao longo do córrego do Pilar.

O terceiro aspecto se refere à presença de efluentes líquidos gerada pela ocupação antrópica. Esses efluentes são provenientes dos esgotos injetados diretamente das casas dos moradores locais nos cursos d'água superficiais. De um modo geral, é possível que as cavidades drenadas pelo córrego do Pilar possam já apresentar impactos pela alteração da qualidade de água subterrânea. Em campo foi observado ainda, a possibilidade de que este impacto não se restrinja somente às cavernas drenadas pelo córrego, mas também por canais de drenagem intermitentes das encostas. A cavidade SPT-0404, por exemplo, encontra-se inserida em uma ravina que recebe esgoto direto das casas localizadas à montante (Figura 31).

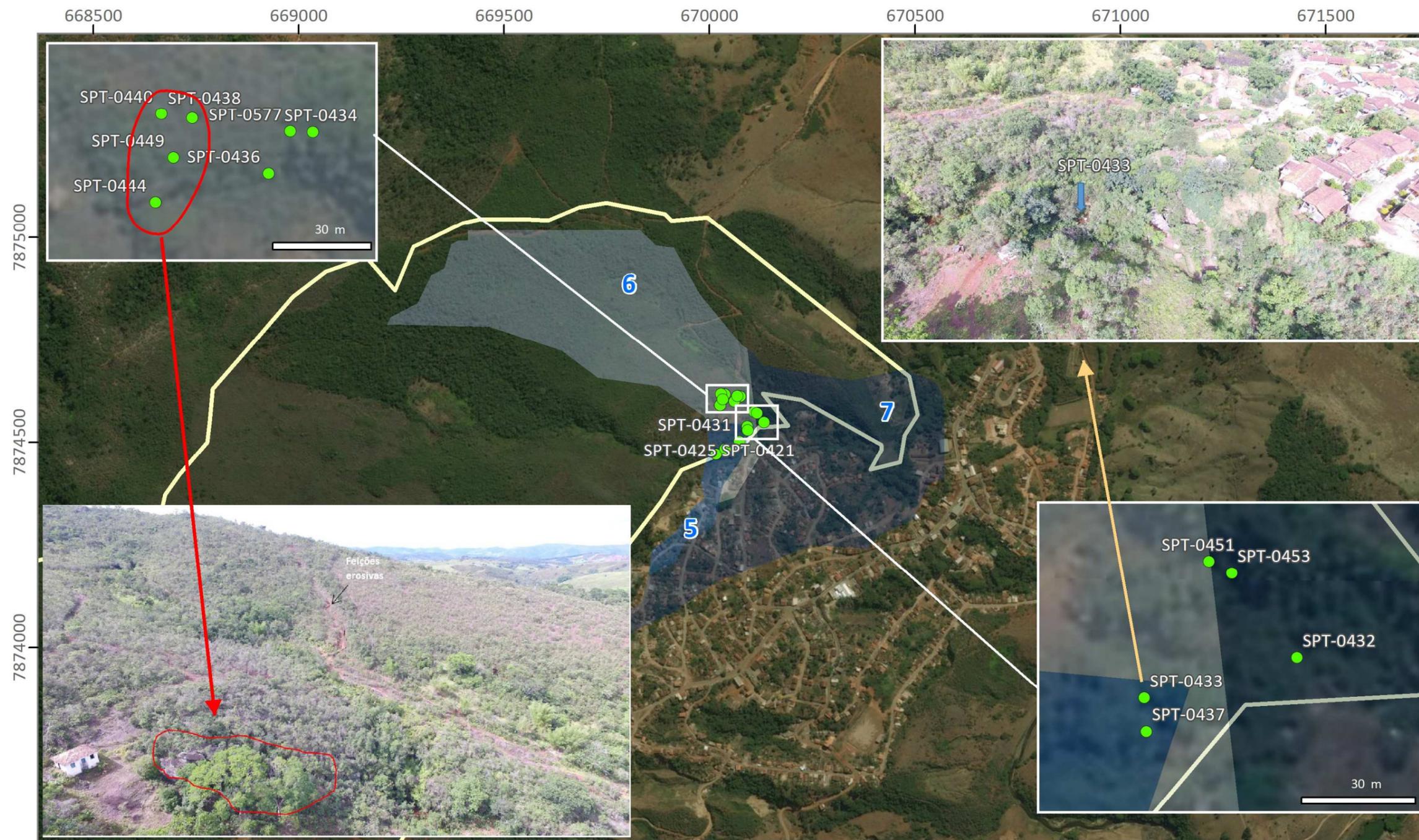
CARACTERIZAÇÃO DAS OTTOBACIAS 5, 6 E 7

As ottobacias 5, 6 e 7 se localizam no baixo trecho do córrego do Pilar (Figura 32). Todas as cavidades dessa área se encontram na margem esquerda do córrego, exceto a cavidade SPT-0432. De forma geral, as cavernas dessa área apresentam entorno significativamente alterado em função da proximidade com a área de ocupação urbana (Figura 32), sendo identificados três aspectos:

1. Supressão da vegetação/geração de sedimentos
2. Resíduos sólidos



3. Efluentes líquidos

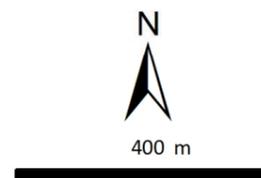


**Análise de impacto
Fazenda Volta da Tropa**

*Localização das
ottobacias 5, 6 e 7*



Plano de Projeção UTM
Meridiano Central 45°WGr
Fuso 23 - Zona K
Datum Horizontal SIRGAS 2000



- Caverna
- Ottobacia 5
- Ottobacia 6
- Ottobacia 7
- Limite da futura RPPN
- Fazenda Volta da Tropa

Figura 32. Limite das ottobacias 5, 6 e 7, bem como a localização cavidades em estudo

O Quadro 13 sintetiza os agentes ou atividades relacionados aos aspectos, bem como possíveis impactos no interior das cavidades.

Quadro 13. Aspectos relacionadas à alteração da paisagem das otobacias 5, 6 e 7, bem como possíveis impactos nas cavidades

Aspecto	Agente/Atividade	Impacto na paisagem	Impacto potencial nas cavidades	Cavidade alvo
Supressão da vegetação/geração de sedimentos	Encosta com ocupação antrópica	Alteração da dinâmica sedimentar dos cursos d'água superficiais	Alteração da dinâmica sedimentar subterrânea Alteração de habitats e micro-habitats Alteração no aporte e/ou disponibilidade de recursos tróficos Alteração no microclima das cavidades Alteração na estruturação das comunidades da fauna	SPT-0431, SPT-0432 SPT-0433, SPT-0434, SPT-0436, SPT-0437, SPT-0438, SPT-0440, SPT-0444, SPT-0449, SPT-0451, SPT-0453, SPT-0577
Presença de resíduos sólidos	Moradores locais	Impacto visual	Impacto visual Alteração de habitats e micro-habitats	SPT-0421, SPT-0425, SPT-0431, SPT-0433, SPT-0437, SPT-0438, SPT-0440, SPT-0444, SPT-0449, SPT-0432, SPT-0453
Efluentes líquidos	Ocupação antrópica	Alteração da qualidade dos cursos d'água superficiais	Alteração da qualidade hidrológica subterrânea Alteração na estruturação das comunidades da fauna	SPT-0421, SPT-0425, SPT-0431, SPT-0432, SPT-0433, SPT-0437, SPT-0451, SPT-0453, SPT-0577

Com relação ao aspecto de geração de sedimentos, foi verificado que as cavidades inseridas nas ottobacias 5 e 6 apresentam entorno muito alterado devido à ocupação antrópica, com presença de cultura de animais, cercas, espécies invasoras (gramíneas), edificações e supressão de vegetação (Figura 33). A cavidade SPT-0577 se encontra próxima a um antigo sítio, com estruturas de criação de animais, canos e cercas. As duas cavidades inseridas na ottobacia 7 também apresentam contexto semelhante. A cavidade SPT-0432 se localiza próxima à margem direita do córrego do Pilar, com presença de supressão vegetal da mata ciliar, que intensificou o aporte de sedimentos finos à montante da mesma. Destaca-se que foi identificado a presença de feições erosivas na ottobacia 6 à montante da cavidade SPT-0453 (localizada na ottobacia 7), conforme ilustrado na Figura 32. Essas feições aparentemente estão associadas à presença de cercas e trilhas de animais que circulam na região. De forma geral, as cavidades inseridas nas ottobacias 5, 6 e 7 estão suscetíveis ao aumento do aporte de sedimentos alóctones gerados no entorno, na alteração de habitats, na modificação do aporte de recursos tróficos e na desestruturação da fauna subterrânea, em função da contínua interferência dessa área pela ocupação antrópica. No entanto, algumas cavidades que apresentam maior risco de impacto são citadas no Quadro 13.



Figura 33. Presença de cerca no entorno da cavidade SPT-0440 (a); Presença de edificação e depósito de material de construção no entorno da cavidade SPT-0444 (b).

A presença de resíduos sólidos (segundo aspecto) gerados pelos moradores locais abundam o entorno das cavidades localizadas nas ottobacias, causando impacto visual. Na ottobacia 6, destaca-se a ocorrência de muito resíduos sólidos no entorno da cavidade SPT-0444, com presença inclusive de uma edificação parece ser um local de depósito de material de construção. As cavidades localizadas na ottobacia 7 (SPT-0432 e SPT-0453) também podem ser destacadas no que diz respeito à presença de lixo doméstico em seu entorno, que geram impacto visual.

Quanto ao terceiro aspecto de efluentes líquidos, todas as cavidades que são constantemente ou periodicamente drenadas pelo córrego do Pilar, podem apresentar alteração da qualidade da água, em função dos esgotos lançados diretamente no córrego das casas dos moradores. A presença de criações de animais localizadas à montante de algumas cavidades, também pode ser considerado como possível fonte de resíduos sólidos para o interior das mesmas. Na ottobacia 5, destaca-se a presença de piscicultura situada à montante da cavidade SPT-0433 (Figura 32). Na ottobacia 6, há presença de criação de animais no entorno imediato da cavidade SPT-0577. Já na ottobacia 7, foi identificada a presença de um galinheiro à montante da cavidade SPT-0432 (Figura 34).



Figura 34. Presença de galinheiro à montante da cavidade SPT-0432 (a); cultura de animais no entorno da cavidade SPT-0577 (b); piscicultura à montante da cavidade SPT-0433 (c)

PLANOS DE CONTROLE AMBIENTAL

Os planos de controle propostos têm a finalidade apresentar ações que visam o controle dos impactos ambientais sobre as 57 cavidades localizadas na área de implantação da futura RPPN Fazenda Volta da Tropa.

O objetivo geral é apresentar a sugestão de programas de monitoramento de acordo com o levantamento dos impactos e medidas mitigadoras elencadas no estudo assim como aquelas ações de revitalização e monitoramento já previstas no Plano de Gestão da futura RPPN Fazenda Volta da Tropa. Para tanto, são adotados os seguintes objetivos específicos:

- Acompanhar a relação entre implementação da área de proteção ambiental e a minimização dos impactos identificados sobre patrimônio espeleológico;
- Obter dados referentes ao *background* e possíveis alterações nos padrões físicos e biológicos relacionados às cavidades subterrâneas e suas áreas de entorno;
- Propor medidas de mitigação e controle de impactos, visando garantir a conservação do contexto de inserção de todas as cavernas;
- Propor metodologia para atendimento aos requisitos de preservação e proteção de cavidades;

- Propor medidas analíticas adequadas aos processos de monitoramento espeleológico e retificar procedimentos em consonância aos resultados dos monitoramentos realizados.

PROGRAMA DE MONITORAMENTO ESPELEOLÓGICO

Esse programa objetiva o monitoramento de cavidades que posteriormente poderão ser indicadas como alvo de visitação turística ou científica na área futura da implantação da RPPN. De uma forma genérica, percebeu-se que as cavidades estudadas não apresentam atrativos que as tornam alvo de visitação pública devido às pequenas dimensões, predominância de teto baixo ou ausência de elementos naturais de contemplação. No entanto, algumas cavidades apresentam indícios de visitação esporádica por moradores locais (presença de resíduos sólidos, orgânicos e fogueira), talvez atraídos pela facilidade de acesso, proximidade de local de banho e recreação (barragem), ampla entrada, salões de tamanho mediano e de teto alto que facilitam a locomoção.

Em adição, sabe-se que a área da RPPN a ser protegida, tem como usos previstos além da visitação turística, o apoio às pesquisas que possam subsidiar a conservação e o manejo da unidade de conservação. Dessa forma, entende-se que as cavidades possam também ser alvo de estudos técnicos-científicos, por parte de instituições acadêmicas ou conservacionistas.

Devido a tais fatos, sugere-se estudo específico de viabilidade de potencial para uso turístico das cavidades inseridas na RPPN e da inclusão dos aspectos espeleológicos no futuro Programa de Pesquisa e Monitoramento a ser implantado na área.

Destaca-se que um dos principais impactos verificados nas cavidades remetem os resquícios de visitação técnica no que se refere ao pisoteamento e remobilização de blocos, sendo algumas cavidades mais susceptíveis à impactos devido à sua grande fragilidade.

Caso seja verificada a potencialidade de incorporação das cavernas no Programa de Visitação do Plano de Gestão proposto para a área, sugere-se a elaboração de um Plano de Manejo voltado para a visitação (turística e/ou científica) e de monitoramento espeleológico, de forma a garantir a efetividade de gestão adequada ao uso sustentável do patrimônio espeleológico.

PLANO DE MANEJO ESPELEOLÓGICO

O conceito de Plano de Manejo Espeleológico (PME), bem como a obrigatoriedade de sua elaboração e aprovação pelo órgão ambiental para os empreendimentos ou atividades turísticos, religiosos ou culturais que utilizem o ambiente constituído pelo Patrimônio Espeleológico foram inseridos no contexto jurídico brasileiro pela Resolução nº 347, de 10 de setembro de 2004, do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA, 2004).

Sugere-se que a elaboração do plano de manejo para uso turístico siga as orientações e procedimentos estabelecidos pelo Centro Nacional de Pesquisa e Conservação de Cavernas - CECAV - do ICMBio, destacando-se, principalmente:

- A área de estudo a ser definida conforme o uso pretendido, apresentando-se os critérios, métodos ou justificativas que levaram a essa definição. Além disso, deve estar vinculada aos potenciais impactos da atividade proposta;

- A análise integrada dos estudos de caracterização socioambiental (meio físico, biótico e socioeconômico) de forma a permitir o zoneamento da cavidade e área de estudo e proposição de medidas de gestão e manejo adequados ao uso sustentável da caverna;
- Análise integrada dos impactos ambientais já identificados e os potenciais que deverão ser especificados em conjunto para todos os fatores estudados na caracterização socioambiental, considerando as estratégias de medidas mitigadoras para o uso turístico na área de estudo;
- Zoneamento espeleológico com estabelecimento de usos diferenciados para cada zona, segundo os objetivos pré-definidos (tais como zonas de preservação, de uso restrito, de uso extensivo, de recuperação, zona externa), baseando-se nos parâmetros importantes na delimitação das áreas;
- Descrição de projetos especiais de infraestrutura e de salvamento e resgate (plano de contingência para situações emergenciais);
- Implantação de programas de gestão e manejo considerando as estratégias de medidas mitigadoras para o uso e potenciais impactos na área de estudo, tais como capacidade de carga, normas de uso, conservação da caverna, educação e interpretação ambiental e pesquisa.
- Indicação de programas de monitoramento orientados pela seleção de indicadores ambientais (bióticos e abióticos) que envolvam o uso turístico da cavidade em questão. Dentre tais programas, indicam-se os seguintes acompanhamentos:

Mapeamento geoestrutural e de fragilidades

As cavernas apresentam estruturas geológicas que funcionam como zonas de fraqueza da rocha, tais como fraturas, juntas e planos de foliação. Estas estruturas, bem como as zonas de maior alteração da rocha, representam os locais mais propícios para a ocorrência de abatimentos. O mapeamento geoestrutural permitirá registrar, em escala de detalhe, a ocorrência destas feições, possibilitando um zoneamento das áreas mais susceptíveis a abatimentos nas cavernas. O mapa geoestrutural das zonas de risco deverá ser o documento base para as análises posteriores em relação ao uso turístico da cavidade SPT-0328.

Monitoramento fotográfico e de integridade física

É essencial que se tenha um documento que registre a condição “original” da caverna, ou seja, a configuração de seu espaço interno com todas as suas formas e feições, incluindo feições de abatimento já existentes antes do início das atividades previstas (uso turístico). Com um registro fotográfico sistemático conceitualmente baseado em um banco de imagens, tomadas em estações fixas, que podem ser repetidas ao longo do tempo, de forma acurada (Hildreth-Werker 2006) comprova-se o estado de conservação da caverna “original”, utilizado para evidenciar quaisquer possíveis alterações posteriores.

O registro fotográfico será realizado por um fotógrafo profissional com experiência em técnicas de fotografia em ambiente subterrâneo. As fotografias deverão abranger todas as galerias (sob diversos ângulos), tanto em nível de detalhe quanto do ambiente em si. Especial atenção deverá ser conferida às zonas consideradas mais frágeis quando do mapeamento geoestrutural. Os trabalhos irão gerar um dossiê fotográfico para a caverna, a ser utilizado em campo quando das visitas de monitoramento geoespeleológico.

A análise da integridade física será realizada por geoespeleólogos com conhecimento prévio da cavidade, através de visitas semestrais (duas visitas ao ano), com o objetivo de checar as condições da caverna. Nestas visitas, será utilizada a documentação fotográfica de detalhe para a conferência das características das cavidades. Em caso de detecção de impacto, será tomada nova fotografia a partir do mesmo local e posição da anterior, comprovando a existência da alteração, e registrada a época de ocorrência da mesma. A periodicidade semestral proposta visa checar as condições de integridade física da cavidade e assegurar que os impactos oriundos da própria atividade de monitoramento, como o pisoteamento e compactação dos sedimentos dispostos no piso, sejam mitigados.

Monitoramento bioespeleológico

Após a definição das zonas de uso da cavidade para fins de visitação turística e/ou científica, recomenda-se o monitoramento bioespeleológico para o acompanhamento da fauna frente as atividades propostas. Indica-se a aplicação de quatro metodologias distintas, todas com a periodicidade semestral, conforme descrito a seguir:

A primeira - método de busca ativa de fauna - envolverá a procura de determinados grupos faunísticos de fácil identificação em campo, na maior diversidade possível de ambientes presentes no interior da cavidade (por exemplo, substrato rochoso, banco de sedimento, depósito de guano, detritos vegetais e raízes). Os espécimes serão observados, contabilizados (para acompanhamento populacional), fotografados e, eventualmente, capturados com o auxílio de pincel e pinças para confirmação da identificação. Para essas eventuais coletas, os organismos serão acondicionados em recipientes com álcool 70% para fixação e conservação. Em cada setor, o tempo médio de observação e coleta será de 10 minutos, podendo variar 2 minutos para mais ou para menos, dependendo do substrato encontrado. Também serão observados as paredes e o teto das cavidades. Os vertebrados serão fotografados, sempre que possível, para a confirmação da identificação. Durante as atividades de campo, as seguintes informações adicionais a respeito dos organismos observados serão obtidas: distribuição espacial, eventuais comportamentos e interações ecológicas e substrato e zonação em que se encontravam.

A segunda metodologia indicada será o método de registro e quantificação visual de recursos tróficos (material vegetal, raízes, guano, detrito, fezes de vertebrados não voadores, carcaças e bolotas de regurgitação). Dessa forma, será feita a marcação do recurso, identificação e quantificação visual do material (tamanho, aspecto, etc.) e, na planta baixa da cavidade, plotagem dos substratos identificados. Registros fotográficos serão feitos para todos os recursos tróficos presentes.

A terceira metodologia de monitoramento baseia-se na busca ativa direcionada de organismos troglóbios/troglofóbicos, nos variados micro-habitats existentes no interior da cavidade. O número de amostras será definido levando em consideração a projeção horizontal (Ph). As amostras seguirão o gradiente de zonação, em sequência, da entrada para o fundo da cavidade.

O material coletado será triado em laboratório com o uso de estereomicroscópio, identificado com o auxílio de chaves específicas por grupo ADIS (2002), *Commonwealth Scientific and Industrial Research Organisation* (1991), Triplehorn e Johnson (2011), Gardner (2008), Toledo et al. (2007), Vizotto e Taddei (1973) e agrupado por morfoespécies conforme características morfológicas.

Com o objetivo de avaliar a população da cavidade, serão utilizados os parâmetros riqueza de espécies. Para que a riqueza de espécies não seja superestimada, a presença de um táxon jovem

(sem identificação precisa) será contabilizada apenas se não ocorrer, na mesma cavidade, a presença de adulto com identificação mais precisa. O mesmo acontecerá para a ocorrência de táxons supra específicos identificados em campo.

Por fim, a quarta metodologia a ser utilizada foca no monitoramento das populações de morcegos residentes na cavidade, através da avaliação da fidelidade de abrigo dos indivíduos por meio do método de marcação-recaptura.

O monitoramento das populações residentes se dará pelo acompanhamento da permanência ou migração dos indivíduos marcados, através dos dados de marcação-recaptura ao longo do período de monitoramento. Serão utilizadas duas metodologias distintas de captura:

- Incursões diurnas na caverna, com o auxílio de puçá. Será realizada uma avaliação quantitativa, com número aproximado de indivíduos de cada colônia, por método de contagem (observação direta) e registro fotográfico. Os espécimes serão capturados, manuseados, triados, identificados e marcados, sendo posteriormente soltos no local de captura. O tempo de permanência será proporcional ao número de indivíduos residentes, para maximizar o número de capturas.

-Caso seja observada a presença de colônias, será realizada amostragem noturna com redes-de-neblina (12x3 m, malha 20 mm), estendidas na rota de saída dos quirópteros (sem bloquear a saída ou no interior da cavidade, de acordo com a Resolução CFBio N°: 301, de 08/12/2012), os quais serão capturados quando estiverem se deslocando para o forrageio ou no retorno à cavidade. Para esta metodologia, uma ou mais redes-de-neblina poderão ser utilizadas dependendo da dimensão da abertura da cavidade. Estas redes serão colocadas próximas à abertura permanecendo estendidas por seis horas por noite, contemplando 30 minutos de baixa luminosidade. As redes serão revisadas de 5-10 minutos para minimizar o stress dos espécimes capturados. Para essa metodologia o esforço amostral seguirá padronização proposta por Straube e Bianconi (2002), no qual o esforço amostral = área da rede x tempo de exposição x número de repetições x número total de redes. A unidade amostral será tratada como “horas de amostragem” considerando o tempo total investido da abertura ao fechamento das redes e a medida de esforço utilizada será $m^2 \cdot h$ (metro quadrado/hora).

Todos os indivíduos capturados serão acondicionados individualmente em um saco de tecido de algodão e serão tomadas como medidas padrão o comprimento do antebraço, obtido através de paquímetro de precisão de 0.05 mm, e o peso em gramas aferido com o auxílio de dinamômetro apropriado ao porte do animal. Eles serão categorizados como jovem ou adulto, de acordo com o grau de ossificação das epífises das falanges. Em termos do seu status reprodutivo, os machos serão classificados como machos reprodutivamente ativos quando apresentarem os testículos descendentes e adultos reprodutivamente inativos aqueles com os testículos no interior da cavidade abdominal. As fêmeas serão categorizadas em grávidas, determinada através de palpação do abdômen para detectar a presença do feto, e lactantes, quando as mamas estiverem secretando leite (Altringham 1998, Kunz, 1982, Kunz e Lumsden 2003).

A identificação será feita preferencialmente em campo com o auxílio das chaves e descrições encontradas nos trabalhos de Simmons e Voss (1998), Lim e Engstrom (2001), Gregorin e Taddei (2002), Gardner (2008), entre outros. A taxonomia seguirá Simmons (2005), com adequações sugeridas por Gardner (2008), Tavares et al. (2008) e Nogueira et al. (2014). Após capturados, manuseados, triados e identificados, os indivíduos serão soltos no mesmo local de captura.

Exemplares serão coletados estritamente em casos de dúvidas taxonômicas ou para formação de coleção de referência. Para tanto, serão eutanasiados por método químico através da injeção com agulha retrátil de solução anestésica de Cetamina e Xilazina (60 a 80 mg de Cetamina + 8 a 15 mg de Xilazina, ambas /kg), com via de acesso intramuscular, e solução de cloreto de potássio (KCl 10%), via intraperitoneal, para consumir a eutanásia. Os procedimentos serão realizados por profissional habilitado, de acordo com as normas da resolução CFBio Nº 301, de 08/12/2012, que dispõe sobre captura, contenção e eutanásia de vertebrados, e com as sugestões do Animal Care and Use Committee, Sikes et al (2011).

PROGRAMA DE MONITORAMENTO DE PROCESSOS EROSIVOS NO ENTORNO DAS CAVIDADES

Com base nos estudos realizados em campo, o principal meio de aporte de sedimentos para o interior das cavidades ocorre por processos de vertentes. Desta forma, destaca-se a importância em se preservar as áreas à montante dessas feições como forma de preservar o patrimônio espeleológico em estudo.

A vertente da margem direita do córrego do Pilar, à montante das cavidades SPT-0319, SPT-0326, SPT-0328, SPT-0466 e SPT-0471, encontra-se muito alterada pela supressão da cobertura vegetal, bem como a geração de sedimentos passíveis de serem carreados para o interior dessas cavidades. A abertura de acessos e a exploração de recursos minerais foram consideradas como as principais atividades geradoras de fonte de sedimentos. Com relação aos acessos, recomenda-se a retirada de material cascalhento que foi depositado à jusante da estrada não pavimentada, para a abertura da mesma. A presença de estrada sem o uso de técnicas adequadas se configura como força motriz para o aumento e aprofundamento da ação do escoamento hídrico superficial concentrado, bem como a aceleração dos processos erosivos. Neste sentido, sugere-se a implantação de dispositivos de drenagem ao longo desses acessos. Além da implantação desses dispositivos de drenagem, destaca-se a importância da manutenção e recuperação da cobertura vegetal na área, que representa um fator de proteção natural contra formação de processos erosivos. A presença de trilhas acessadas por moradores e animais (gado e cavalo), bem como aquelas de acessos às cavidades também contribuem para a degradação do terreno. Dessa forma as trilhas também representam pontos de atenção em relação à susceptibilidade à formação de processos erosivos. No que diz respeito aos acessos às cavidades, recomenda-se a recuperação da vegetal ao longo das destes.

No entorno das cavidades SPT-0306, SPT-0458 e SPT-0538 foram identificadas zonas de acúmulo de material cascalhento remobilizado, possivelmente gerado pela atividade pretérita de exploração de recursos minerais (Figura 2). Sugere-se, portanto, a retirada desse material que representa uma fonte de sedimentos para as cavidades à jusante. Ainda no entorno das cavidades supracitadas, nota-se a presença de estruturas associadas à ocupação antrópica, dada a proximidade com o loteamento. A presença dessas estruturas (canos e cercas) também representam pontos de atenção, pois foram instalados em áreas de topografia acidentada e vegetação degradada, representando alta susceptibilidade para formação de focos erosivos.

Outro ponto de destaque diz respeito às feições de erosão acelerada identificadas na base da vertente, próximas às cavidades SPT-0326, SPT-0328 e SPT-0471. Essas feições, muito possivelmente estão associadas à instalação da barragem. Além disso, é importante mencionar que a mata ciliar do córrego do Pilar a partir dessa estrutura, encontra-se muito degradada, com presença inclusive de outras estruturas de captação de água (caixa d'água e canos). A ausência da

cobertura vegetal ao longo da margem do córrego representa, portanto, um fator relevante no que diz respeito ao desenvolvimento de processos erosivos.

Outras cavidades em cujos entornos recomenda-se a implantação do programa de monitoramento são: SPT-0369, SPT-0371, SPT-0400; SPT-0404; SPT-0413, SPT-0431, SPT-0432, SPT-0433, SPT-0437, SPT-0434, SPT-0436, SPT-0438, SPT-0440, SPT-0444, SPT-0449, SPT-0453. Estas se localizam em encostas muito alteradas pela ocupação antrópica, com presença de supressão de vegetação, introdução de espécies invasoras, assim como sedimentos passíveis de serem carreados para interior das mesmas.

PROGRAMA DE RECUPERAÇÃO DE ÁREAS DEGRADADAS

A análise de impactos espeleológicos efetuada neste documento indicou a ocorrência de estruturas no entorno que causam impactos diretos em cavidades, áreas com supressão de vegetação e alteração na topografia e áreas com presença de espécies invasoras. Tais locais são indicados pela aplicação do programa de recuperação de áreas degradadas.

A execução do programa se justifica tanto pela importância ambiental no que diz respeito à proteção e restauração adequada dos ambientes interferidos, particularmente os florestais, contribuindo assim para a manutenção da integridade física e equilíbrio ecológico das cavidades, quanto pelo controle da erosão e transporte de sedimentos da área de entorno.

Para 34 cavidades listadas no Quadro 14, entende-se que em uma primeira etapa, há necessidade de retirada das estruturas de entorno, como tarefa inicial ao processo de recuperação das áreas. Em seguida, sugere-se a reconformação física e topográfica, sempre que necessário, das áreas com intervenções. Em uma terceira etapa, sugere-se a execução da revegetação natural das áreas impactadas, com ausência de mata ciliar e áreas com predominância de gramíneas. Posteriormente, indica-se a realização de atividades de monitoramento e avaliação dos serviços de reabilitação realizados em cada local previsto, visando, se necessário, a execução de ações corretivas e de melhoria ambiental.

Para tanto, indica-se a metodologia proposta no Programa de Recuperação de Áreas Alteradas compreendida no Plano de Gestão da RPPN Fazenda Volta da Tropa.

Quadro 14. Ações necessárias para a recuperação de áreas degradadas no entorno de cavidades impactadas na área da futura implantação da RPPN Fazenda Volta da Tropa

Cavidade	Retirada de estrutura	Ação
SPT-0306		Regeneração de campo rupestre ferruginoso
SPT-0316		Regeneração de campo rupestre ferruginoso
SPT-0326	Caixa d'água	Recuperação da encosta e mata ciliar
SPT-0328	Cano	Recuperação da encosta e mata ciliar
SPT-0369		Recuperação da encosta e mata ciliar
SPT-0371		Recuperação da encosta e mata ciliar
SPT-0377		Retirada de empilhamento de blocos Recuperação da encosta e mata ciliar
SPT-0396		Recuperação da encosta e mata ciliar
SPT-0397		Recuperação da encosta
SPT-0400		Recuperação de encosta
SPT-0404		Recuperação de encosta
SPT-0413		Recuperação de encosta

Cavidade	Retirada de estrutura	Ação
SPT-0430		
SPT-0431		Recuperação de encosta
SPT-0432	Retirada de galinheiro	Recuperação da encosta e mata ciliar
SPT-0433	Retirada de tanque de piscicultura	Recuperação da encosta e mata ciliar
SPT-0434		Recuperação da encosta (feição erosiva a norte)
SPT-0436		Recuperação da encosta
SPT-0437	Retirada de galinheiro	Recuperação da encosta e mata ciliar
SPT-0438		Recuperação da encosta
SPT-0440		Recuperação da encosta
SPT-0444		Recuperação da encosta
SPT-0449		Recuperação da encosta
SPT-0451		Recuperação da encosta
SPT-0453		Recuperação da encosta
SPT-0458		Regeneração de campo rupestre ferruginoso
SPT-0465		Regeneração de campo rupestre ferruginoso
SPT-0466		Regeneração de campo rupestre ferruginoso
SPT-0471	Retirada do cano	Regeneração de campo rupestre ferruginoso
SPT-0476/0497		Recuperação da encosta e mata ciliar
SPT-0495		Recuperação de encosta
SPT-0499		Recuperação de encosta
SPT-0577	Retirada de curral	Recuperação de encosta

PROGRAMA DE CONTROLE DE INCÊNDIOS FLORESTAIS

Devido à identificação de áreas com resquícios de queimadas próximas às cavidades inseridas na área de implantação da futura RPPN, sugere-se o monitoramento florestal através de uma equipe de brigada de incêndios. Entende-se que apesar de queimadas configurarem-se como eventos naturais principalmente no que se diz respeito à vegetação campestre, torna-se imprescindível o controle de incêndios florestais devido à proximidade da ocupação antrópica e a possibilidade de origem criminosa de incêndios.

Para tanto, indica-se a metodologia proposta no Plano de Gestão da RPPN Fazenda Volta da Tropa, em seu Programa de Proteção e Fiscalização, como forma de conservação da vegetação de entorno das cavidades.

PROGRAMA DE EDUCAÇÃO AMBIENTAL

A inserção da Fazenda Volta da Tropa na modalidade de área de conservação acarretará na necessidade de implantação de medidas mitigatórias que envolvem intersectorialidade das políticas públicas. Dessa forma, entende-se que a implementação de ações de cunho educacional seja prioritária para a preservação da RPPN.

O programa de educação ambiental na esfera espeleológica visa a conscientização dos moradores locais no que se refere à proteção dos recursos hídricos, das cavidades e dos elementos arqueológicos que compõem o patrimônio natural e histórico da RPPN Fazenda Volta da Tropa.

Para tanto, entende-se que a promoção de ações que visem à destinação adequada de resíduos sólidos, ao uso apropriado do solo e da água e criação de animais, sejam de suma importância para a atenuação das ameaças derivadas da ocupação antrópica às cavidades inseridas na área.

Sugere-se a metodologia proposta no Plano de Gestão da RPPN Fazenda Volta da Tropa, em seu Programa de Educação Ambiental e Patrimonial, como parte integrante da proteção do patrimônio espeleológico em estudo.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A avaliação de impactos ambientais nas cavidades inseridas na área de implantação da futura RPPN fazenda Volta da Tropa, indicou a ocorrência de uma grande proporção de cavidades com algum grau de impacto. Tais impactos foram, em sua maioria, relacionados às atividades de exploração mineral e à ocupação antrópica da área que continuamente acarreta em diversas alterações ambientais. Entretanto, a aplicação de medidas mitigadoras específicas e a elaboração de programas de controle e monitoramento podem garantir a efetividade das ações de recuperação e a preservação das cavidades. Diante da relevância da área no que tange aos aspectos hídricos, florísticos e arqueológicos, entende-se que a implementação de uma unidade de conservação trará benefícios ao patrimônio espeleológico em questão.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Adis J (2002) Amazonian Arachnida and Myriapoda. Sofia: Pensoft Publishers. 590p
- Altringham, J D (1998) Bats: Biology and Behaviour Oxford University Press, New York
- BRASIL. CONAMA. Resolução CONAMA Nº 347, de 10 de setembro de 2004. Dispõe sobre a proteção do Patrimônio Espeleológico. In: IBAMA. CECAV. Legislação espeleológica. Disponível em: http://www.ibama.gov.br/cecav/index.php?id_menu=159
- Carste Ciência e Meio Ambiente (2017) Estudos espeleológicos do Projeto Extensão da Mina do Sapo, MG. Relatório Técnico. 434 p
- Commonwealth Scientific and Industrial Research Organisation (1991) Division of Entomology. The insects of Australia 2º edition. Melbourne: Melbourne University Press. 1137p
- Culver D C (1982) Cave life evolution and ecology. Cambridge/Massachusetts/London: Harvard University. 189 p
- Danielopol D L, Griebler C, Gunatilaka A, Notenboom J. (2003). Present state and future prospects for groundwater ecosystems, Environmental Conservation 30 (2): 104-130
- Decu V (1986). Some considerations on the bat guano synusia. Travail du Institute Spéologique “Emile Racovitza”. 25: 41-51
- Gardner A L (2008) Mammals of South America. Marsupials, xenarthrans, shrews, and bats. The University of Chicago Press, Chicago, v.1
- Gregorin R, TADDEI V A (2002). Chave artificial para a identificação de Molossídeos brasileiros (Mammalia, Chiroptera). Mastozoología Neotropical 9 (1): 13-32
- Hildreth-Werker V (2006). Photographs as Cave Management Tools. In: Cave Conservation and Restoration. Huntsville: National Speleological Society, Inc.p. 203-214
- Johnson N, Revenga C, Echeveria J (2001) Managing water for people and nature. Science 292: 1071-1072
- Kunz T H, Fenton M B (1998) Bat ecology, v. 1, p. 3-89
- Lim B K, Engstrom M D (2001) Species diversity of bats (Mammalia: Chiroptera) in Iwokrama Forest, Guyana, and the Guianan subregion: implications for conservation. Biodiversity and Conservation 10: 613-657
- Morrison M L (2002) Wildlife restoration. Techniques for habitat analysis and animal monitoring. Island Press, Washington
- Nogueira M R, Lima I P, Moratelli R, Tavares V C, Gregorin R, Peracchi A L (2014) Checklist of Brazilian bats, with comments on original records. Check List 10:808-821
- Odum EP (1971) Fundamental of Ecology. 3rd Edition, W.B. Saunders, Philadelphia

Resolução Nº: 301 de 8/12/2012 - CFBio. Dispõe sobre os procedimentos de captura, contenção, marcação, soltura e coleta de animais vertebrados *in situ* e *ex situ*

Sikes R S, Gannon W H (2011) The Animal Care and Use Committee of the American Society of Mammalogists

Simmons N B, Voss R S (1998) The Mammals of Paracou, French Guiana: a Neotropical lowland rainforest fauna. Part 1. Bats. Bulletin of the American Museum of Natural History, New York, 237: 1-219

Simmons N B (2005) Order Chiroptera, p. 137-241. In: D.E. WILSON & D.M. REEDER. (Eds). Mammals species of the world: a taxonomic and geographic reference. Washington, Smithsonian Institution Press, vol. 1, 739p

Tavares VC, GREGORIN R, PERACHI A L (2008) A diversidade de morcegos no Brasil: Lista atualizada com comentários sobre distribuição e taxonomia. In Morcegos no Brasil: biologia, sistemática, ecologia e conservação (Susi Missel Pacheco, Rosane Vera Marques, Carlos Eduardo Lustosa Esbérard Orgs.) - 1. ed. - Porto Alegre: Armazém Digital

Toledo L F, Giovanelli J G R, Giasson L O M, Prado C P A, Guimaraes L D, Bastos R P, Haddad C F B (2007) Guia interativo dos Anfíbios Anuros do Cerrado, Campo Rupestre & Pantanal. Editora Neotropica

Triplehorn C A, Johnson N F (2011) Estudo dos insetos _ tradução da 7ª edição de Borror and Delong's Introduction to the Study of Insects. São Paulo, Cengage Learning, 809 p

Vizotto L D, Taddei V A (1973). Chave para determinação de quirópteros brasileiros. Ver. Fac. Filos. Cien. Letr. Edusp, São José do Rio Preto. Bolm. Cienc. 1:1-72