

Unidade espeleológica Quadrilátero Ferrífero

Unidade geomorfológica Quadrilátero Oeste

Continuidade das Operações da Mina Jangada – PA 00118/2000/030/2013

Continuidade das Operações da Mina Córrego do Feijão – PA
0245/2004/050/2015

Avaliação de Impacto e Plano de Monitoramento Espeleológico

Belo Horizonte, novembro de 2018

SUMÁRIO

SUMÁRIO	2
LISTA DE FIGURAS	3
LISTA DE TABELAS	3
1 AVALIAÇÃO DE IMPACTO SOBRE O PATRIMÔNIO ESPELEOLÓGICO	5
1.1 OBJETIVO	5
1.2 CONTEXTUALIZAÇÃO LEGAL	5
1.3 METODOLOGIA.....	7
1.3.1 <i>Indicadores de valoração</i>	8
1.4 AVALIAÇÃO DO IMPACTO ESPELEOLÓGICO	10
1.4.1 <i>Alteração do relevo/paisagem</i>	11
1.4.2 <i>Alteração da dinâmica hídrica</i>	15
1.4.3 <i>Alteração da qualidade do ar (poeira)</i>	19
1.4.4 <i>Alteração dos níveis vibração sísmica</i>	21
1.4.5 <i>Alteração da vegetação</i>	24
1.4.6 <i>Alteração da fauna cavernícola</i>	27
2 PROGRAMA DE MONITORAMENTO ESPELEOLÓGICO	30
2.1 PROGRAMA DE MONITORAMENTO GEOTÉCNICO E GEOESTRUTURAL.....	30
2.2 PROGRAMA DE MONITORAMENTO HÍDRICO	30
2.3 PROGRAMA DE MONITORAMENTO DE VIBRAÇÕES	31
2.4 PROGRAMA DE MONITORAMENTO DE POEIRA	32
2.4.1 <i>Análise quantitativa da poeira depositada nas placas</i>	33
2.4.2 <i>Equipe Técnica</i>	33
2.5 PROGRAMA DE MONITORAMENTO DE FAUNA CAVERNÍCOLA.....	34
2.6 CRONOGRAMA DE ATIVIDADES	36
3 ANEXOS	37

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1. MAPA DE DISTRIBUIÇÃO DAS CAVIDADES E RESPECTIVAS ÁREAS DE INFLUÊNCIA.	11
FIGURA 2. DETALHAMENTO DA ÁREA DE INFLUÊNCIA PARA AS CAVIDADES MJ_0009 E MJ_0010.	14
FIGURA 3. EQUAÇÃO PROGNÓSTICA DE ATENUAÇÃO DE VIBRAÇÃO CONSIDERANDO DADOS DE DETONAÇÕES PRESENTES NO BANCO DE DADOS SISMOGRÁFICO DA VALE.....	23
FIGURA 4. CARGA MÁXIMA POR ESPERA EM FUNÇÃO DA DISTÂNCIA DAS CAVIDADES DO ESTUDO.	23
FIGURA 5. PLACAS DE PETRI A SEREM COLOCADAS NO INTERIOR DAS CAVIDADES.	33
FIGURA 6. EXEMPLO DA METODOLOGIA PROPOSTA PARA MONITORAMENTO DE SUBSTRATOS ORGÂNICOS NA CAVIDADE.	35

LISTA DE TABELAS

TABELA 1. MATRIZ DE AVALIAÇÃO DE IMPACTO ESPELEOLÓGICO.....	8
TABELA 2. MATRIZ ALTERAÇÃO DO RELEVO/PAISAGEM SEM IMPACTO, CAVIDADES FORA DA ADA, NA FASE DE PLANEJAMENTO.	12
TABELA 3. MATRIZ ALTERAÇÃO DO RELEVO/PAISAGEM COM IMPACTO, NA FASE DE PLANEJAMENTO	12
TABELA 4. MATRIZ ALTERAÇÃO DO RELEVO/PAISAGEM COM SUPRESSÃO, NA FASE DE PLANEJAMENTO.....	13
TABELA 5. MATRIZ ALTERAÇÃO DO RELEVO/PAISAGEM DAS CAVIDADES QUE SERÃO SUPRIMIDAS, NAS FASES DE IMPLANTAÇÃO E OPERAÇÃO.	14
TABELA 6. MATRIZ ALTERAÇÃO DO RELEVO/PAISAGEM DAS CAVIDADES PRESERVADAS, NAS FASES DE IMPLANTAÇÃO E OPERAÇÃO.	15
TABELA 7. MATRIZ DE ALTERAÇÃO DO RELEVO/PAISAGEM DAS CAVIDADES FORA DA ADA.....	15
TABELA 8. MATRIZ ALTERAÇÃO DA DINÂMICA HÍDRICA, CAVIDADES FORA DA ADA SEM IMPACTO, NA FASE DE PLANEJAMENTO.	16
TABELA 9. MATRIZ ALTERAÇÃO DA DINÂMICA HÍDRICA COM IMPACTO, NA FASE DE PLANEJAMENTO.....	17
TABELA 10. MATRIZ ALTERAÇÃO DA DINÂMICA HÍDRICA, CAVIDADES COM SUPRESSÃO, NA FASE DE PLANEJAMENTO	17
TABELA 11. MATRIZ ALTERAÇÃO DA DINÂMICA HÍDRICA COM IMPACTO, NA FASE DE IMPLANTAÇÃO E OPERAÇÃO.	18
TABELA 12. MATRIZ ALTERAÇÃO DA DINÂMICA HÍDRICA, CAVIDADES FORA DA ADA, NA FASE DE IMPLANTAÇÃO E OPERAÇÃO... ..	18
TABELA 13. MATRIZ ALTERAÇÃO DA DINÂMICA HÍDRICA, CAVIDADES SUPRIMIDAS NA FASE DE IMPLANTAÇÃO E OPERAÇÃO.....	19
TABELA 14. MATRIZ ALTERAÇÃO DA QUALIDADE DO AR (POEIRA), CAVIDADES FORA DA ADA, SEM IMPACTO, NA FASE DE PLANEJAMENTO	20

TABELA 15. MATRIZ ALTERAÇÃO DA QUALIDADE DO AR (POEIRA) COM IMPACTO NA ÁREA DE ENTORNO 250, NA FASE DE PLANEJAMENTO	20
TABELA 16. MATRIZ ALTERAÇÃO DA QUALIDADE DO AR (POEIRA) COM IMPACTO NA ÁREA DE ENTORNO 250, NA FASE DE PLANEJAMENTO	21
TABELA 17. MATRIZ ALTERAÇÃO DOS NÍVEIS DE VIBRAÇÃO SÍSMICA, SEM IMPACTO, NA FASE DE PLANEJAMENTO	21
TABELA 18. MATRIZ ALTERAÇÃO DOS NÍVEIS DE VIBRAÇÃO SÍSMICA, COM IMPACTO NO ENTORNO DOS 250M, NA FASE DE PLANEJAMENTO	22
TABELA 19. MATRIZ ALTERAÇÃO DOS NÍVEIS DE VIBRAÇÃO SÍSMICA, IMPACTO NO ENTORNO DE 250M, NA FASE DE IMPLANTAÇÃO E OPERAÇÃO.....	24
TABELA 20. MATRIZ ALTERAÇÃO DOS NÍVEIS DE VIBRAÇÃO SÍSMICA, IMPACTO FORA DA ADA, NA FASE DE IMPLANTAÇÃO E OPERAÇÃO.....	24
TABELA 21. MATRIZ ALTERAÇÃO DA VEGETAÇÃO, COM IMPACTO NO ENTORNO DE 250, NA FASE DE PLANEJAMENTO.	25
TABELA 22. MATRIZ ALTERAÇÃO DA VEGETAÇÃO, SEM IMPACTO, NA FASE DE PLANEJAMENTO.	26
TABELA 23. MATRIZ ALTERAÇÃO DA VEGETAÇÃO, COM SUPRESSÃO, NA FASE DE IMPLANTAÇÃO E OPERAÇÃO.	26
TABELA 24. MATRIZ ALTERAÇÃO DA VEGETAÇÃO, COM IMPACTO NO ENTORNO DE 250, NA FASE DE IMPLANTAÇÃO E OPERAÇÃO.	27
TABELA 25. MATRIZ ALTERAÇÃO DA FAUNA CAVERNÍCOLA, SEM IMPACTO, NA FASE DE PLANEJAMENTO.....	27
TABELA 26. MATRIZ ALTERAÇÃO DA FAUNA CAVERNÍCOLA, SEM IMPACTO, NA FASE DE IMPLANTAÇÃO E OPERAÇÃO.	28
TABELA 27. MATRIZ ALTERAÇÃO DA FAUNA CAVERNÍCOLA, SEM IMPACTO, NA FASE DE IMPLANTAÇÃO E OPERAÇÃO.	28
TABELA 28. MATRIZ CONSOLIDADA DE AVALIAÇÃO DE IMPACTO SOBRE O PATRIMÔNIO ESPELEOLÓGICO.....	29
TABELA 29. ESPÉCIES COM POPULAÇÕES MAIS REPRESENTATIVAS DAS DUAS CAVIDADES AVALIADAS.	34
TABELA 30. CRONOGRAMA PROPOSTO PARA A EXECUÇÃO DO MONITORAMENTO BIOCENÓTIPO NAS CAVIDADES MJ_0009 E MJ_0010.....	36
TABELA 31. CRONOGRAMA DE EXECUÇÃO DO PROGRAMA DE MONITORAMENTO ESPELEOLÓGICO	37

1 AVALIAÇÃO DE IMPACTO SOBRE O PATRIMÔNIO ESPELEOLÓGICO

A Avaliação de Impacto Ambiental considera toda e qualquer alteração nas propriedades físicas, químicas e biológicas do meio ambiente, causada por qualquer forma resultante de atividade humana, seja direta ou indiretamente que afetem: a saúde, a segurança e o bem-estar da população, as atividades sociais e econômicas, a biota, as condições estéticas e sanitárias do meio ambiente e a qualidade dos recursos ambientais (CONAMA 01/86).

Já Avaliação de Impacto Espeleológico, tem por objetivo identificar os efeitos destas mesmas alterações físicas, químicas e biológicas sobre o Patrimônio Espeleológico, considerando as diferentes etapas e tempo: planejamento, implantação e operação.

As interações entre os meios físico e biótico são dinâmicos e tendem a se modificar naturalmente com o tempo. Entretanto, submetidos a intervenções humanas, fatores e processos que tendem ao equilíbrio naturalmente, podem ser acelerados, retardados ou suprimidos, modificando assim, a dinâmica do ambiente (Arcadis Tetraplan, 2010).

Desta forma, a avaliação de impacto espeleológico é importante para que o órgão ambiental tenha a segurança na viabilidade do empreendimento e que as medidas compensatórias/mitigatórias sejam aplicadas de forma a garantir a manutenção e a gestão sobre o patrimônio espeleológico.

1.1 OBJETIVO

O objetivo deste capítulo visa identificar e avaliar os impactos, sejam eles positivos ou negativos, sobre o Patrimônio Espeleológico a serem gerados com o Projeto de Expansão da Mina da Jangada e Feijão. Para isso, foi elaborada uma metodologia específica, com base na caracterização do empreendimento e nos Estudos Espeleológicos realizados.

1.2 CONTEXTUALIZAÇÃO LEGAL

A resolução CONAMA nº 01, de 23 de janeiro de 1986, do Conselho Nacional do Meio Ambiente, define as responsabilidades e os critérios básicos e as diretrizes gerais para o uso e implementação da Avaliação de Impacto Ambiental.

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

No item 4, da IS nº08/17, os subitens 4.17 a 4.19 definem os conceitos de intervenção e impactos negativos reversíveis e irreversíveis sobre o patrimônio espeleológico.

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

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

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

No item 5.2.1, Etapa 2, da IS nº 8/17, discorre sobre Avaliação de Impactos sobre Cavidades, onde o empreendedor deverá apresentar a avaliação dos impactos da atividade ou do empreendimento sobre o patrimônio espeleológico.

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

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

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

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

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

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

No anexo III, da IS nº 08/17, termo de referência sobre estudos de área de influência de cavidades naturais subterrâneas, no item 4 sobre avaliação dos impactos na área de influência ainda solicita que:

Descrição e avaliação dos impactos **efetivos** ou **potenciais**, atuais e/ou futuros, decorrentes da **instalação e operação** do empreendimento sobre as cavidades e seu entorno de 250 metros, bem como aqueles incidentes sobre a área de influência proposta. Proceder a análise conclusiva acerca dos impactos sobre os atributos físicos e bióticos relevantes à área de influência e sua capacidade de tolerar ou não essas interferências. Nessa avaliação devem ser identificadas a **natureza**, a **magnitude**, a **temporalidade**, a **reversibilidade** e a **sinergia dos referidos impactos**;

1.3 METODOLOGIA

O processo de avaliação de impacto se desenvolve em várias etapas e trata da construção em cenários presente e futuro. A base para constituição desses cenários são os diagnósticos ambiental e espeleológico, contrapondo com as atividades do empreendimento identificadas como potencialmente modificadores dos ambientes cavernícolas.

Esse processo de avaliação possibilita concluir sobre a viabilidade espeleológica do empreendimento, subsidiando a tomada de decisão da SUPPRI sobre a implantação do Projeto de Expansão da Mina da Jangada e Feijão.

Com base nas premissas de Avaliação de Impacto Ambiental da Resolução COMANA nº 1/86, o impacto será avaliado no âmbito:

- Da cavidade Natural Subterrânea;
- No seu entorno de 250m; e
- Sobre sua área de influência real,

Em dois cenários:

- Fase Planejamento, considerando o cenário atual;
- Fase Implantação/Operação, considerando que o licenciamento será concomitante e sua implantação será em meio a operação.

Para análise e avaliação do projeto, foram considerados os seguintes impactos:

- Alteração do Relevo/Paisagem;
- Alteração da Dinâmica Hídrica;
- Alteração da Qualidade do Ar (Poeira);
- Alteração dos Níveis de Vibração Sísmica;

- Alteração da Vegetação e
- Alteração da Biota Cavernícola.

Ao final da avaliação será consolidada uma matriz com todos os impactos, as medidas de controle, as medidas mitigatórias e o resultado esperado para cada ação.

1.3.1 Indicadores de valoração

Os indicadores de valoração são todas aquelas que estão associados ao impacto e visam minimizar a subjetividade da avaliação.

Nesta metodologia, foram classificados 10 indicadores de valoração dos impactos estabelecidos na Resolução CONAMA nº 01/86 e considerados na IS SEMAD nº 08/17 a ser usada nas Matrizes de Avaliação de Impacto Espeleológico (tabela 1).

Tabela 1. Matriz de Avaliação de Impacto Espeleológico.

Tipo de Impacto		Fase do Empreendimento	
Cavidades envolvidas			
Critérios	Cavidade	Entorno (250m)	Área de Influência
Ocorrência	Real ou Potencial	Real ou Potencial	Real ou Potencial
Incidência	Direta ou Indireta	Direta ou Indireta	Direta ou Indireta
Natureza	Positiva ou Negativa	Positiva ou Negativa	Positiva ou Negativa
Reversibilidade	Reversível ou Irreversível	Reversível ou Irreversível	Reversível ou Irreversível
Duração	Temporária ou Permanente	Temporária ou Permanente	Temporária ou Permanente
Prazo de Ocorrência	Curto ou Médio a Longo Prazo	Curto ou Médio a Longo Prazo	Curto ou Médio a Longo Prazo
Abrangência	Pontual ou Local ou Regional	Pontual ou Local ou Regional	Pontual ou Local ou Regional
Relevância	Irrelevante ou Baixa ou Relevante ou Alta	Irrelevante ou Baixa ou Relevante ou Alta	Irrelevante ou Baixa ou Relevante ou Alta
Magnitude	Desprezível ou Baixa ou Moderada ou Alta	Desprezível ou Baixa ou Moderada ou Alta	Desprezível ou Baixa ou Moderada ou Alta
Temporalidade	Até 5 anos ou entre 5 e 10 anos ou mais de 10 anos	Até 5 anos ou entre 5 e 10 anos ou mais de 10 anos	Até 5 anos ou entre 5 e 10 anos ou mais de 10 anos

- **Ocorrência do Impacto**

Real: Toda alteração efetiva, que não depende de condições excepcionais para ocorrer e está associado intrinsecamente aos aspectos ambientais reais.

Potencial: Alteração possível de ocorrer decorrente de aspectos ambientais reais, que ocorram próximo e que depende de atributos específicos do meio onde a cavidade está inserida, para que efetivamente ocorra.

- **Incidência do Impacto**

Direta: Alteração que decorre de uma atividade do empreendimento.

Indireta: Alteração que decorre de um impacto direto e indiretamente de uma atividade do empreendimento.

- **Natureza**

Positiva: Alteração de caráter benéfico.

Negativa: Alteração de caráter adverso.

- **Reversibilidade do Impacto**

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. 3º da IN ICMBio nº 1, de 2017).

- **Duração**

Temporária: Alteração passível de ocorrer tem caráter transitório em relação a duração da etapa do projeto considerada.

Permanente: Alteração passível de ocorrer permanece durante a etapa do projeto considerada e persiste, mesmo quando cessada a atividade que a desencadeou.

- **Prazo de Manifestação**

Curto Prazo: Alteração que se manifesta imediatamente após a ocorrência da atividade.

Médio a Longo Prazo: Alteração que demanda um intervalo de tempo para que possa se manifestar.

- **Abrangência**

Pontual: Alteração se manifesta exclusivamente sobre o Patrimônio Espeleológico ou no seu entorno imediato.

Local: Alteração tem potencial para ocorrer ou para se manifestar por irradiação numa área que extrapole o Patrimônio Espeleológico, como de bacias hidrográficas.

Regional: Alteração tem potencial para ocorrer ou para se manifestar por irradiação em escala além de bacias hidrográficas.

- **Relevância do Impacto**

Irrelevante: Alteração não é percebida ou verificável

Baixa Relevância: Alteração é passível de ser percebida e/ou verificada (medida) sem caracterizar ganhos e/ou perdas na qualidade ambiental da área de abrangência considerada, se comparados ao cenário ambiental diagnosticado.

Relevante: Alteração é passível de ser percebida ou verificada (medida) caracterizando ganhos e/ou perdas na qualidade ambiental da área de abrangência considerada, se comparados ao cenário ambiental diagnosticado.

Alta Relevância: Alteração é possível de ser percebida e/ou verificada (medida) caracterizando ganhos e/ou perdas expressivas na qualidade ambiental da área de abrangência considerada, se comparados ao cenário ambiental diagnosticado.

- **Magnitude**

Desprezível: Decorre obrigatoriamente de impactos classificados como irrelevantes.

Baixa: A dimensão da alteração é baixa em relação a dimensão total possível para a incidência dos impactos.

Moderada: A dimensão da alteração é média em relação a dimensão total possível para a incidência do impacto.

Alta: A dimensão da alteração é máxima em relação a dimensão total possível de incidência dos diagnósticos.

- **Temporalidade**

Até 5 anos: A alteração poderá ocorrer em um prazo máximo de até 5 anos.

Entre 5 e 10 anos: A alteração poderá ocorrer dentro de um período entre 5 e 10 anos.

Mais de 10 anos: A alteração poderá ocorrer em um prazo maior que 10 anos.

1.4 AVALIAÇÃO DO IMPACTO ESPELEOLÓGICO

É importante salientar que neste estudo serão apresentadas as cavidades dentro da ADA acrescidos do *buffer* de 250m (MJ_0009 e MJ_0010); as cavidades fora da ADA e do *buffer* (MJ_0005, MJ_0006, MJ_0007, MJ_0001), algumas delas com distâncias superiores a 1km da área do empreendimento (MJ_0008 e MJ_0011) e as cavidades que sofrerão impacto negativo irreversível (MJ_0002, MJ_0003 e MJ_0004).

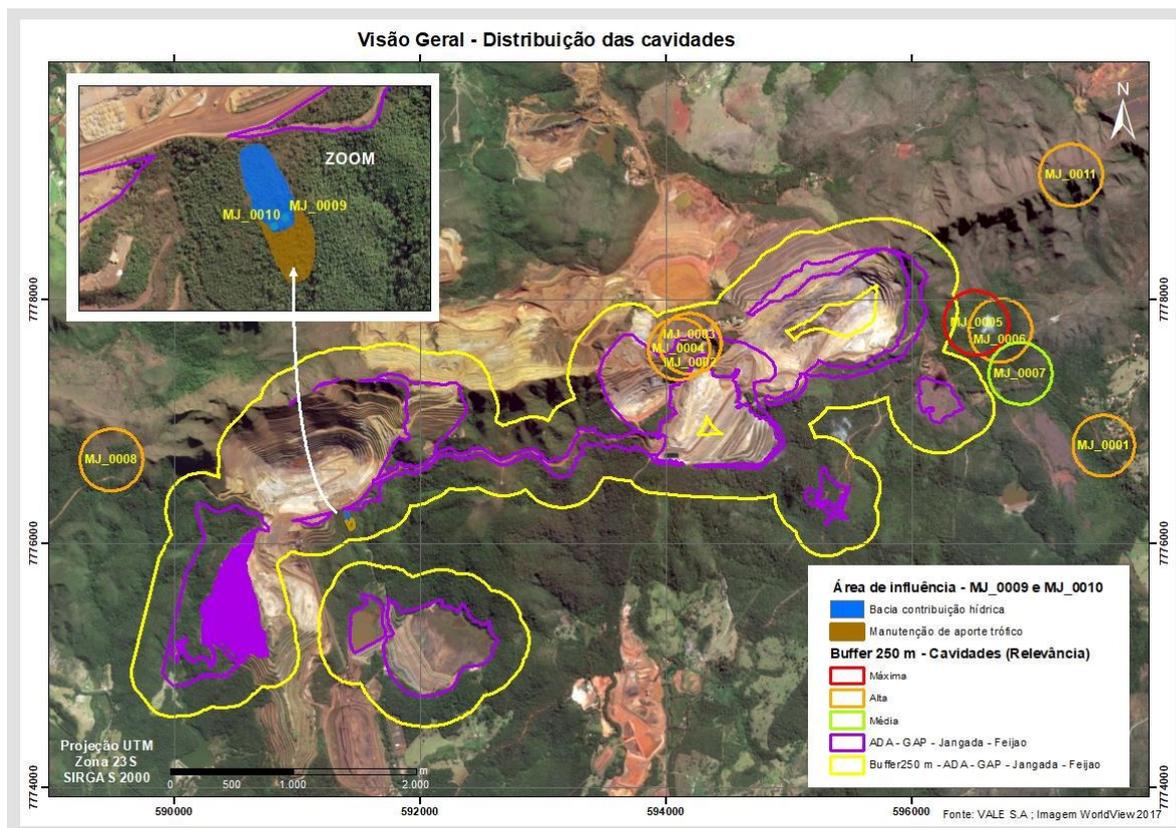


Figura 1. Mapa de distribuição das Cavidades e respectivas áreas de influência.

1.4.1 Alteração do relevo/paisagem

O impacto “Alteração do Relevo/Paisagem” é decorrente das atividades de terraplanagem de corte e aterro, seja para instalação de estruturas operacionais (usinas e oficinas), ou com a operação de lavra com a retirada do minério abrindo a cava e a deposição do estéril criando as pilhas de estéril. Este tipo de impacto é considerado como impacto primário, que não decorre de nenhum outro tipo de impacto e dependendo da localização da cavidade e da fase do empreendimento pode ocasionar a supressão total ou em alteração parcial da cavidade.

1.4.1.1 Fase de Planejamento

Na etapa de planejamento não se espera modificações nas condições ambientais do patrimônio espeleológico das cavidades localizadas fora da ADA, porém por se tratar de uma expansão das operações atuais, algumas das cavidades já tiveram seu entorno de 250 metros afetados pelas estruturas operacionais instaladas antes da identificação destas cavidades (MJ_0009 e MJ_0010). Apesar das operações terem avançado dentro do entorno dos 250m destas duas cavidades a intervenção não comprometeu a integridade física e ecossistêmica da cavidade, conforme nos Diagnósticos de Geoespeleologia e Bioespeleologia que serviram de subsídio para a Análise de Relevância das cavidades do projeto. Sendo assim, não foram percebidos impactos decorrentes destas intervenções nas cavidades.

Como medidas mitigatórias e de controle ambiental foram estudadas as áreas de influência destas cavidades e aplicado o Programa de Monitoramento Espeleológico.

Já para as cavidades de alta relevância que serão suprimidas (MJ_0002 e MJ_0003 e MJ_0004) foi protocolado o projeto de compensação e, como medida mitigatória, seu respectivo plano de compensação.

Tabela 2. Matriz Alteração do Relevo/Paisagem sem impacto, cavidades fora da ADA, na fase de planejamento.

Alteração do Relevo/Paisagem		Fase: Planejamento	
MJ_0001, MJ_0005, MJ_0006, MJ_0007, MJ_0008 e MJ_0011 (Cavidades fora da ADA e Buffer 250m)			
Critérios	Cavidade	Entorno (250m)	Área de Influência
Ocorrência	-	-	-
Incidência	-	-	-
Natureza	-	-	-
Reversibilidade	-	-	-
Duração	-	-	-
Prazo de Ocorrência	-	-	-
Abrangência	-	-	-
Relevância	Irrelevante	Irrelevante	Irrelevante
Magnitude	Desprezível	Desprezível	Desprezível
Temporalidade	-	-	-

Tabela 3. Matriz Alteração do Relevo/Paisagem com impacto, na fase de planejamento

Alteração do Relevo/Paisagem		Fase: Planejamento	
MJ_0009 e MJ_0010			
Critérios	Cavidade	Entorno (250m)	Área de Influência
Ocorrência	-	Real	-
Incidência	-	Direta	-
Natureza	-	Negativa	-
Reversibilidade	-	Reversível	-
Duração	-	Temporária	-
Prazo de Ocorrência	-	Curto	-
Abrangência	-	Pontual	-
Relevância	Irrelevante	Relevante	Irrelevante
Magnitude	Desprezível	Moderada	Desprezível
Temporalidade	-	Até 5 anos	-

Tabela 4. Matriz Alteração do Relevo/Paisagem com supressão, na fase de planejamento

Alteração do Relevo/Paisagem (Supressão)			Fase: Planejamento
MJ_0002, MJ_0003 e MJ_0004			
Critérios	Cavidade	Entorno (250m)	Área de Influência
Ocorrência	Real	Real	Real
Incidência	Direta	Direta	Direta
Natureza	Negativa	Negativa	Negativa
Reversibilidade	Irreversível	Irreversível	Irreversível
Duração	Permanente	Permanente	Permanente
Prazo de Ocorrência	Curto Prazo	Curto Prazo	Curto Prazo
Abrangência	Pontual	Pontual	Pontual
Relevância	Alta Relevância	Alta Relevância	Alta Relevância
Magnitude	Alta Magnitude	Alta Magnitude	Alta Magnitude
Temporalidade	Até 5 anos	Até 5 anos	Até 5 anos

1.4.1.2 Fase de Implantação e Operação

Nas etapas de implantação e operação a supressão de vegetação, decapeamento do solo, abertura das frentes de lavra (cava do Feijão Norte e cava de Jangada), redimensionamento dos acessos (Feijão – Jangada), expansão de PDE Menezes (PDE Sudeste), expansão da PDE Jacó, e implantação de diques de contenção de sedimentos são as principais atividades que ocasionarão a alteração no relevo/paisagem.

A expansão da cava de Feijão Norte não avançará sobre as áreas de entorno de 250m das cavidades MJ_0009 e MJ_0010, pois está a mais de 250m de distância. A frente de lavra de Jangada, avançará sobre 3 cavidades (MJ_0002, MJ_0003 e MJ_0004, todas de alta relevância, sendo estas contempladas no plano de compensação visto que sofrerão impactos negativos irreversíveis. Este avanço será de forma gradativa e seguindo o planejamento de lavra para enfim dar lugar ao preenchimento da PDE Jacó – fase III. A supressão total das 3 cavidades será de forma irreversível e permanente em curto prazo, sendo concluído até o 8º ano de operação. O impacto é considerado pontual, pois as cavidades ferruginosas não têm uma relação de conectividade hidrológica ampla como nos sistemas cársticos tradicionais.

Como medidas mitigatórias e de controle ambiental, para as 3 cavidades que serão suprimidas aplicar-se-á os Programas de Compensação Espeleológica e de Resgate Espeleológico. As 02 cavidades (MJ_0009 e MJ_0010) que serão preservadas dentro da ADA próximo a Cava de Feijão, são cavidades de alta relevância e tiveram suas áreas de influência definidas mediante a realização de estudos técnicos anteriormente protocolados. Estas serão preservadas em sua área de influência, onde será aplicado o Programa de Monitoramento Espeleológico.

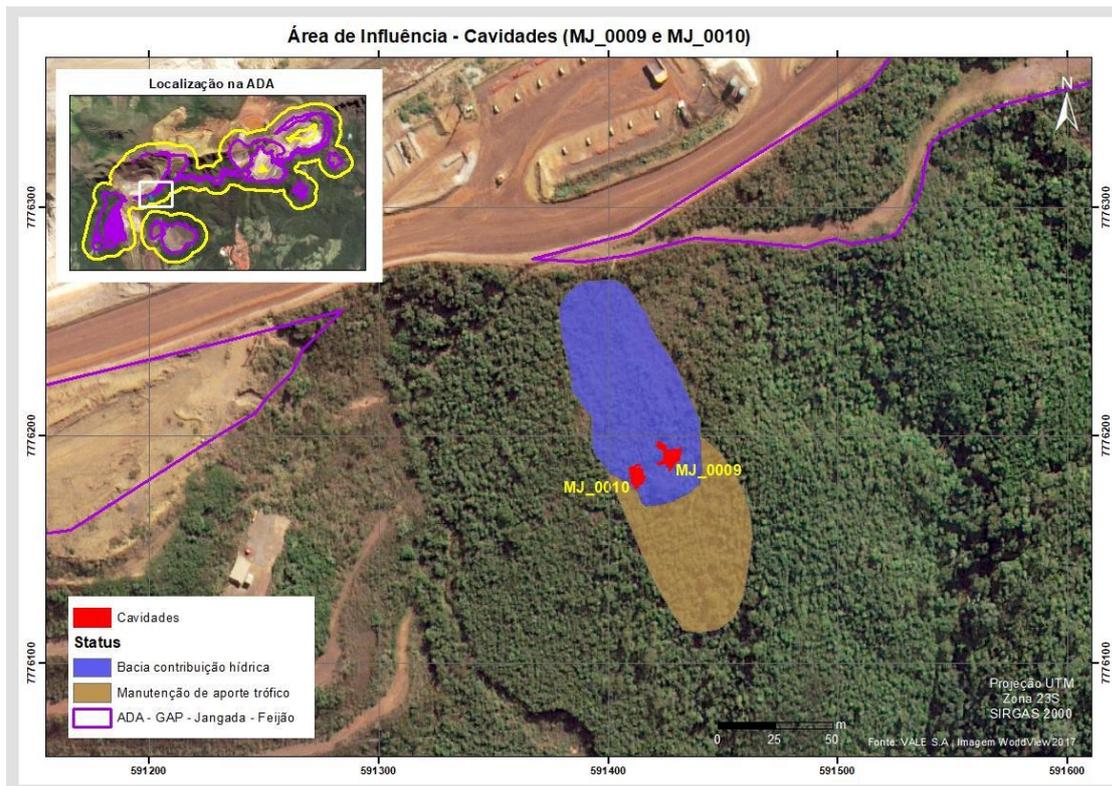


Figura 2. Detalhamento da área de influência para as cavernas MJ_0009 e MJ_0010.

Em relação a estas duas cavernas a serem preservadas, o avanço de lavra se deu anteriormente à descoberta destas e apenas sobre o entorno dos 250m, preservando a área de influência efetiva e mantendo em equilíbrio o ecossistema cavernícola, bem como sua integridade física (tabela 6). Desta forma, desde que as medidas de controle ambiental estejam dentro dos parâmetros previstos, estas cavernas podem ser consideradas como de potencial impacto negativo reversível. Já para as cavernas fora da ADA não se espera modificações nas condições ambientais do patrimônio espeleológico.

Tabela 5. Matriz Alteração do Relevo/Paisagem das cavernas que serão suprimidas, nas fases de implantação e operação.

Alteração do Relevo/Paisagem (Supressão)			Fase: Implantação e Operação
MJ_0002, MJ_0003 e MJ_0004			
Crítérios	Caverna	Entorno (250m)	Área de Influência
Ocorrência	Real	Real	Real
Incidência	Direta	Direta	Direta
Natureza	Negativa	Negativa	Negativa
Reversibilidade	Irreversível	Irreversível	Irreversível
Duração	Permanente	Permanente	Permanente
Prazo de Ocorrência	Curto Prazo	Curto Prazo	Curto Prazo
Abrangência	Pontual	Pontual	Pontual
Relevância	Alta Relevância	Alta Relevância	Alta Relevância
Magnitude	Alta Magnitude	Alta Magnitude	Alta Magnitude
Temporalidade	Até 5 anos	Até 5 anos	Até 5 anos

Tabela 6. Matriz Alteração do Relevo/Paisagem das cavidades preservadas, nas fases de implantação e operação.

Alteração do Relevo/Paisagem			Fase: Implantação e Operação
MJ_0009 e MJ_0010			
Critérios	Cavidade	Entorno (250m)	Área de Influência
Ocorrência	Potencial	Real	Potencial
Incidência	Indireta	Direta	Indireta
Natureza	Negativa	Negativa	Negativa
Reversibilidade	Reversível	Irreversível	Reversível
Duração	Temporário	Permanente	Temporário
Prazo de Ocorrência	Curto Prazo	Curto Prazo	Curto Prazo
Abrangência	Pontual	Pontual	Pontual
Relevância	Relevante	Alta Relevância	Relevante
Magnitude	Moderada	Alta Magnitude	Moderada
Temporalidade	Até 5 anos	Até 5 anos	Até 5 anos

Tabela 7. Matriz de alteração do relevo/paisagem das cavidades fora da ADA

Alteração do Relevo/Paisagem			Fase: Implantação e Operação
MJ_0001, MJ_0005, MJ_0006, MJ_0007, MJ_0008 e MJ_0011 (Cavidades fora da ADA e Buffer 250m)			
Critérios	Cavidade	Entorno (250m)	Área de Influência
Ocorrência	-	-	-
Incidência	-	-	-
Natureza	-	-	-
Reversibilidade	-	-	-
Duração	-	-	-
Prazo de Ocorrência	-	-	-
Abrangência	-	-	-
Relevância	-	-	-
Magnitude	-	-	-
Temporalidade	-	-	-

1.4.2 Alteração da dinâmica hídrica

O impacto “Alteração da Dinâmica Hídrica” é considerado como um impacto secundário decorrente do impacto da alteração do relevo/paisagem, pois com as atividades de decapeamento das camadas superficiais do solo, supressão da vegetação e terraplanagem para corte e aterro, as drenagens superficiais e a infiltrações d’água serão alterados.

Uma característica relevante das cavidades em minério de ferro é a sua pouca profundidade em relação à superfície, situando-se na zona vadosa. Tal característica confere às cavidades um fluxo vertical predominante sobre fluxos horizontais justamente pela pequena espessura de rocha no teto; fatos que corroboram esta hipótese é a rapidez com que águas de chuva percolam pelas

cavidades. A pequena espessura de teto e o predomínio de fluxo vertical mostra que as cavidades em minério de ferro possuem área de contribuição hídrica restrita.

A alteração do relevo/paisagem pode alterar a dinâmica hídrica da cavidade reduzindo ou aumentando dependendo de como for o plano de drenagem dos períodos chuvosos.

1.4.2.1 Fase de Planejamento

Na etapa de planejamento não se espera modificações nas condições ambientais do patrimônio espeleológico das cavidades fora da ADA, porém por se tratar de uma expansão das operações atuais, algumas das cavidades já tiveram seu entorno de 250 metros afetados pelas estruturas operacionais instaladas antes da identificação destas cavidades (MJ_0009 e MJ_0010). Apesar das operações terem avançado dentro do entorno dos 250m destas 02 cavidades a intervenção não comprometeu a integridade física e ecossistêmica da cavidade conforme Diagnósticos de Geoespeleologia e Bioespeleologia que serviram de subsídio para a Análise de Relevância das cavidades do projeto. Sendo assim, não foram percebidos impactos decorrentes destas intervenções no interior das cavidades.

Como medidas mitigatórias e de controle ambiental foram estudadas as áreas de influência destas cavidades e aplicado o Programa de Monitoramento Espeleológico.

Já para as cavidades de alta relevância que serão suprimidas (MJ_0002 e MJ_0003 e MJ_0004) foi protocolado o projeto de compensação e, como medida mitigatória, seu respectivo plano de compensação.

Tabela 8. Matriz Alteração da Dinâmica Hídrica, cavidades fora da ADA sem impacto, na fase de planejamento.

Alteração da Dinâmica Hídrica		Fase: Planejamento	
MJ_0001, MJ_0005, MJ_0006, MJ_0007, MJ_0008 e MJ_0011 (Cavidades fora da ADA e Buffer 250m)			
Critérios	Cavidade	Entorno (250m)	Área de Influência
Ocorrência	-	-	-
Incidência	-	-	-
Natureza	-	-	-
Reversibilidade	-	-	-
Duração	-	-	-
Prazo de Ocorrência	-	-	-
Abrangência	-	-	-
Relevância	Irrelevante	Irrelevante	Irrelevante
Magnitude	Desprezível	Desprezível	Desprezível
Temporalidade	-	-	-

Tabela 9. Matriz Alteração da Dinâmica Hídrica com impacto, na fase de planejamento

Alteração da Dinâmica Hídrica			Fase: Planejamento
MJ_0009 e MJ_0010			
Critérios	Cavidade	Entorno (250m)	Área de Influência
Ocorrência	-	Real	-
Incidência	-	Indireta	-
Natureza	-	Negativa	-
Reversibilidade	-	Reversível	-
Duração	-	Temporária	-
Prazo de Ocorrência	-	Curto	-
Abrangência	-	Pontual	-
Relevância	Irrelevante	Relevante	Irrelevante
Magnitude	Desprezível	Média	Desprezível
Temporalidade	-	Até 5 anos	-

Tabela 10. Matriz Alteração da Dinâmica Hídrica, cavidades com supressão, na fase de planejamento

Alteração da Dinâmica Hídrica (Supressão)			Fase: Planejamento
MJ_0002, MJ_0003 e MJ_0004			
Critérios	Cavidade	Entorno (250m)	Área de Influência
Ocorrência	Real	Real	Real
Incidência	Direta	Direta	Direta
Natureza	Negativa	Negativa	Negativa
Reversibilidade	Irreversível	Irreversível	Irreversível
Duração	Permanente	Permanente	Permanente
Prazo de Ocorrência	Curto Prazo	Curto Prazo	Curto Prazo
Abrangência	Pontual	Pontual	Pontual
Relevância	Alta Relevância	Alta Relevância	Alta Relevância
Magnitude	Alta Magnitude	Alta Magnitude	Alta Magnitude
Temporalidade	Até 5 anos	Até 5 anos	Até 5 anos

1.4.2.2 Fase de Implantação e Operação

Nas etapas de implantação e operação a supressão de vegetação e limpeza das camadas superficiais ocasiona alteração na dinâmica hídrica do local, aumentando a recarga do aquífero, principalmente na formação ferrífera. Sem a barreira semipermeável da cobertura de solos ou cangas há incremento da infiltração diretamente para a formação ferrífera, que possui característica porosa sendo considerada excelente aquífero.

Em relação as cavidades MJ_0009 e MJ_0010 tiveram seu entorno protetivo inicial de 250m já alterado, preservando a área de influência estudada e a cavidade, mantendo em equilíbrio o ecossistema cavernícola, bem como sua integridade física. Desta forma, desde que as medidas de controle ambiental estejam dentro dos parâmetros previstos, estas cavidades podem ser consideradas como de impacto negativos reversível.

Como medidas mitigatórias e de controle ambiental foram estudadas as áreas de influência real das duas cavidades de alta relevância e será aplicado o Programa de Monitoramento Espeleológico.

Este tipo de impacto para as cavidades fora da ADA não é perceptível. Já para as cavidades que serão suprimidas os impactos são sempre os mesmos e como mitigação existe o plano de compensação.

Tabela 11. Matriz Alteração da Dinâmica Hídrica com impacto, na fase de implantação e operação.

Alteração da Dinâmica Hídrica			Fase: Implantação e Operação
MJ_0009 e MJ_0010			
Critérios	Cavidade	Entorno (250m)	Área de Influência
Ocorrência	Potencial	Real	Potencial
Incidência	Indireta	Indireta	Indireta
Natureza	Negativa	Negativa	Negativa
Reversibilidade	Reversível	Reversível	Reversível
Duração	Temporário	Temporária	Temporário
Prazo de Ocorrência	Curto Prazo	Curto	Curto Prazo
Abrangência	Pontual	Pontual	Pontual
Relevância	Relevante	Relevante	Relevante
Magnitude	Moderada	Alta	Moderada
Temporalidade	Até 5 anos	Até 5 anos	Até 5 anos

Tabela 12. Matriz Alteração da Dinâmica Hídrica, cavidades fora da ADA, na fase de implantação e operação

Alteração da Dinâmica Hídrica			Fase: Implantação e Operação
MJ_0001, MJ_0005, MJ_0006, MJ_0007, MJ_0008 e MJ_0011 (Cavidades fora da ADA e Buffer 250m)			
Critérios	Cavidade	Entorno (250m)	Área de Influência
Ocorrência	-	-	-
Incidência	-	-	-
Natureza	-	-	-
Reversibilidade	-	-	-
Duração	-	-	-
Prazo de Ocorrência	-	-	-
Abrangência	-	-	-
Relevância	Irrelevante	Irrelevante	Irrelevante
Magnitude	Desprezível	Desprezível	Desprezível
Temporalidade	-	-	-

Tabela 13. Matriz Alteração da Dinâmica Hídrica, cavidades suprimidas na fase de implantação e operação

Alteração da Dinâmica Hídrica (Supressão)			Fase: Implantação e Operação
MJ_0002, MJ_0003 e MJ_0004			
Critérios	Cavidade	Entorno (250m)	Área de Influência
Ocorrência	Real	Real	Real
Incidência	Direta	Direta	Direta
Natureza	Negativa	Negativa	Negativa
Reversibilidade	Irreversível	Irreversível	Irreversível
Duração	Permanente	Permanente	Permanente
Prazo de Ocorrência	Curto Prazo	Curto Prazo	Curto Prazo
Abrangência	Pontual	Pontual	Pontual
Relevância	Alta Relevância	Alta Relevância	Alta Relevância
Magnitude	Alta Magnitude	Alta Magnitude	Alta Magnitude
Temporalidade	Até 5 anos	Até 5 anos	Até 5 anos

1.4.3 Alteração da qualidade do ar (poeira)

O impacto “Alteração da Qualidade do Ar (poeira)” é decorrente da injeção de material particulado no interior das cavidades provocado pela atividade antrópica, que acarreta a diminuição da umidade e da qualidade dos substratos (orgânicos ou não), interferindo diretamente na disponibilidade destes recursos para a fauna de invertebrados. Porém este impacto é considerado reversível pois é descontinuado com o fim da atividade minerária; mesmo durante as operações de mina o impacto é passível de mitigação.

1.4.3.1 Fase de Planejamento

Na etapa de planejamento, para as cavidades fora da ADA, não se espera modificações nas condições ambientais do patrimônio espeleológico. Porém por se tratar de uma expansão das operações atuais, algumas das cavidades já tiveram seu entorno de 250 metros afetados pelas estruturas operacionais instaladas antes da identificação destas cavidades (MJ_0009 e MJ_0010). Apesar da operação atual ter avançado dentro do entorno dos 250m destas duas cavidades a intervenção não comprometeu a integridade física e ecossistêmica das mesmas conforme Diagnósticos de Geoespeleologia e Bioespeleologia, que serviram de subsídio para a Análise de Relevância das cavidades do projeto. Sendo assim, não foram percebidos impactos decorrentes destas intervenções no interior das cavidades.

As cavidades MJ_0009 e MJ_0010 estão inseridas na meia vertente, com entrada ampla e não apresentam zona afótica. Devido à proximidade com a operação atual, as cavidades podem sofrer o carreamento de particulado sólido no seu interior. Mas as medidas mitigatórias das operações atuais, com uso de “splitters” para aspersão de particulado, auxiliam para a manutenção do bom estado de conservação. Aliado a isso, a manutenção e implementação da vegetação a partir do limite da ADA agrega melhoria das condições ambientais, reduzindo ou neutralizando este carreamento, formando uma “barreira natural”.

Tabela 14. Matriz Alteração da Qualidade do Ar (poeira), cavidades fora da ADA, sem impacto, na fase de planejamento

Alteração da Qualidade do Ar (poeira)		Fase: Planejamento	
MJ_0001, MJ_0005, MJ_0006, MJ_0007, MJ_0008 e MJ_0011			
Critérios	Cavidade	Entorno (250m)	Área de Influência
Ocorrência	-	-	-
Incidência	-	-	-
Natureza	-	-	-
Reversibilidade	-	-	-
Duração	-	-	-
Prazo de Ocorrência	-	-	-
Abrangência	-	-	-
Relevância	Irrelevante	Irrelevante	Irrelevante
Magnitudes	Desprezível	Desprezível	Desprezível
Temporalidade	-	-	-

Tabela 15. Matriz Alteração da Qualidade do Ar (poeira) com impacto na área de entorno 250, na fase de planejamento

Alteração da Qualidade do Ar (poeira)		Fase: Planejamento	
MJ_0009 e MJ_0010			
Critérios	Cavidade	Entorno (250m)	Área de Influência
Ocorrência	Potencial	Real	Potencial
Incidência	Indireta	Direta	Indireta
Natureza	Negativa	Negativa	Negativa
Reversibilidade	Reversível	Irreversível	Reversível
Duração	Temporário	Permanente	Temporário
Prazo de Ocorrência	Curto Prazo	Curto Prazo	Curto Prazo
Abrangência	Pontual	Pontual	Pontual
Relevância	Relevante	Alta	Relevante
Magnitudes	Moderada	Alta	Moderada
Temporalidade	Até 5 anos	Até 5 anos	Até 5 anos

1.4.3.2 Fase de Implantação e Operação

A emissão de material particulado durante a implantação será através do trânsito de caminhões e ou equipamentos para atividades de limpeza da vegetação e de decapeamento do solo. Já na fase de operação, a emissão do particulado se dará através dos desmontes mecânicos e químicos (explosivos), do transporte de minério-estéril, que poderão aumentar as emissões de material particulado. Nesta fase, a avaliação de impacto espeleológico se dará somente nos âmbitos de duas cavidades e de suas áreas de influência, considerando que o avanço de lavra já está no entorno protetivo inicial de 250m até o limite da área de influência.

Como medidas mitigatórias e de controle ambiental da expansão do GAP Jangada, será mantido o uso de aspersão de águas e ampliado para as demais partes da expansão, conforme o Programa de Monitoramento da Qualidade do Ar realizado pela área operacional da mina.

Além do Programa de Monitoramento Espeleológico, faz-se necessário a implantação e manutenção da vegetação associada à zona de entrada das cavidades e área de influência, para que esta funcione como “barreira natural”, impedindo a injeção de poeira no interior da cavidade.

Tabela 16. Matriz Alteração da Qualidade do Ar (poeira) com impacto na área de entorno 250, na fase de planejamento

Alteração da Qualidade do Ar (poeira)			Fase: Implantação e Operação
MJ_0009 e MJ_0010			
Critérios	Cavidade	Entorno (250m)	Área de Influência
Ocorrência	Potencial	Real	Real
Incidência	Indireta	Direta	Direta
Natureza	Negativa	Negativa	Negativa
Reversibilidade	Reversível	Irreversível	Reversível
Duração	Temporário	Permanente	Temporário
Prazo de Ocorrência	Curto Prazo	Curto Prazo	Curto Prazo
Abrangência	Pontual	Pontual	Pontual
Relevância	Relevante	Alta Relevância	Relevante
Magnitudes	Moderada	Alta Magnitude	Moderada
Temporalidade	Até 5 anos	Até 5 anos	Até 5 anos

1.4.4 Alteração dos níveis vibração sísmica

O impacto “Alteração dos Níveis de Vibração Sísmica” é decorrente do desmonte mecânico e por meio de explosivos além de operações de carregamento e transporte de minério e estéril.

1.4.4.1 Fase de Planejamento

Na etapa de planejamento não se espera alterações nos níveis de vibração sísmica, já que não serão utilizados explosivos nem equipamentos móveis no entorno das cavidades em questão.

Conforme o diagnóstico geoespeleológico apresentado no Estudo de Relevância, as cavidades fora da ADA apresentam bom estado de conservação sem evidência de impacto negativo irreversível.

Tabela 17. Matriz Alteração dos Níveis de Vibração Sísmica, sem impacto, na fase de planejamento

Alteração dos Níveis de Vibração Sísmica			Fase: planejamento
MJ_0001, MJ_0005, MJ_0006, MJ_0007, MJ_0008 e MJ_0011			
Critérios	Cavidade	Entorno (250m)	Área de Influência
Ocorrência	-	-	-
Incidência	-	-	-
Natureza	-	-	-
Reversibilidade	-	-	-
Duração	-	-	-
Prazo de Ocorrência	-	-	-
Abrangência	-	-	-
Relevância	Irrelevante	Irrelevante	Irrelevante
Magnitudes	Desprezível	Desprezível	Desprezível
Temporalidade	-	-	-

Tabela 18. Matriz Alteração dos Níveis de Vibração Sísmica, com impacto no entorno dos 250m, na fase de planejamento

Alteração dos Níveis de Vibração Sísmica			Fase: Planejamento
MJ_0009 e MJ_0010			
Critérios	Cavidade	Entorno (250m)	Área de Influência
Ocorrência	-	Real	-
Incidência	-	Direta	-
Natureza	-	Negativa	-
Reversibilidade	-	Reversível	-
Duração	-	Temporário	-
Prazo de Ocorrência	-	Curto Prazo	-
Abrangência	-	Pontual	-
Relevância	Irrelevante	Baixa	Irrelevante
Magnitudes	Desprezível	Baixa	Desprezível
Temporalidade	-	Até 5 anos	-

1.4.4.2 Fase de Implantação e Operação

Na fase de implantação e operação concomitantes, o uso de explosivos para desmonte será constante, além da utilização de equipamentos móveis para operações mineiras.

A avaliação da atenuação da propagação das ondas sísmicas provenientes do desmonte por explosivos para as cavidades deste programa foi feita considerando-se a similaridade litológica e geoespeleológica em estudo realizado anteriormente nas cavidades das minas de Abóboras e Capão Xavier.

Os dados utilizados no presente estudo são provenientes de um banco de dados composto pelos registros sismográficos que a Vale coleta há mais de 7 anos na região de cavidades no entorno de suas operações. Tal banco contém mais de 4000 dados referentes ao monitoramento sismográfico de vibrações provenientes do desmonte de rocha por explosivos.

Com base nos registros selecionados foi possível gerar a equação prognóstica de atenuação das vibrações apresentada a seguir.

Para estabelecer o limite de velocidade de pico de partícula aplicável foi utilizada a recomendação do CECAV/ICMBio – Sismografia Aplicada à Proteção do Patrimônio Espeleológico: Orientações Básicas à Realização de Estudos Ambientais, que estabelece um valor de 5 mm/s para cavidades de máxima relevância quando da ausência de diagnóstico geológico-geotécnico específico de determinação do real critério de segurança.

Tal valor poderá ser ajustado ao longo do avanço da lavra, já que a relevância dessas cavidades não possui grau máximo e os estudos de geotecnia aplicado ao patrimônio espeleológico

vem sendo desenvolvidos pela Vale para avaliar a real condição de estabilidade das cavidades em questão.

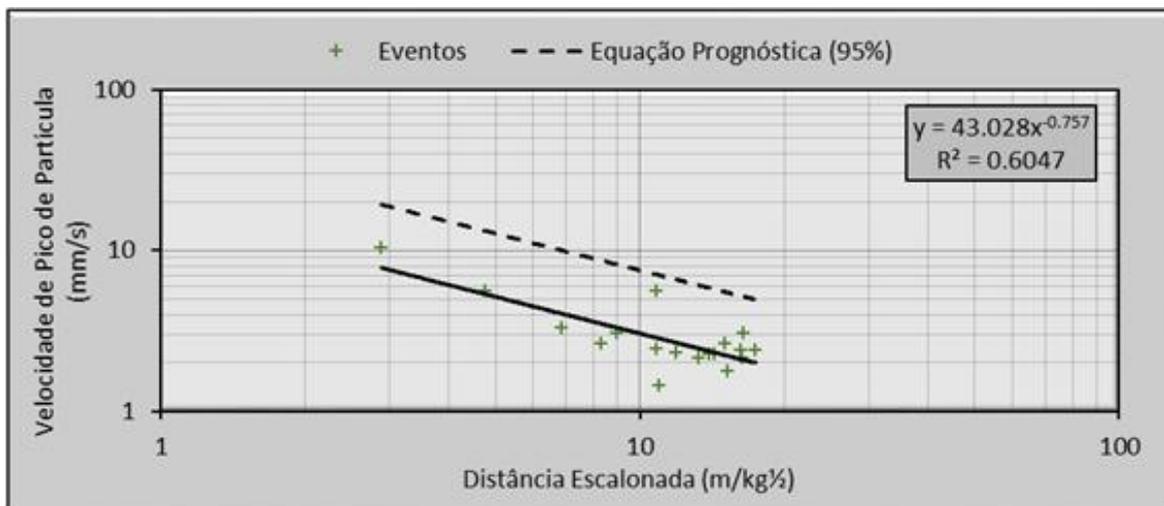


Figura 3. Equação prognóstica de atenuação de vibração considerando dados de detonações presentes no banco de dados sísmográfico da Vale

Com base nas atuais práticas de detonação da mina de Jangada/Feijão, a Carga Máxima por Espera considerada para o estudo foi de 350 Kg.

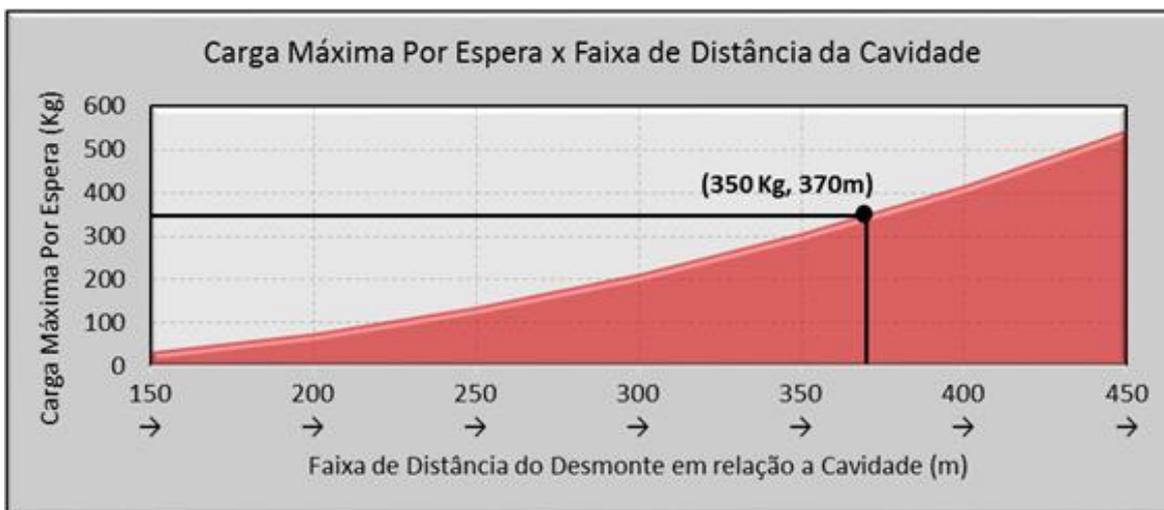


Figura 4. Carga máxima por espera em função da distância das cavidades do estudo.

Pela análise do gráfico acima pode-se concluir que, considerando-se as atuais práticas de desmorte na mina de Jangada/Feijão, o impacto do uso de explosivos na cava sobre as cavidades do presente estudo terá valores de velocidade de pico de partícula inferiores a 5 mm/s para distâncias acima de 370m da lavra, garantindo a compatibilização das atividades mineiras com a preservação do patrimônio espeleológico. Destaca-se, novamente, que, após diagnóstico geológico-geotécnico específico, tal valor de velocidade de pico de partícula poderá ser alterado.

Com relação as vibrações produzidas por fontes mecânicas, a Vale também monitora o impacto da utilização de equipamentos móveis e tráfego de veículos em região de cavidades no

entorno de suas operações. Em 7 anos de monitoramento esporádico concluiu-se que tais fontes não emitem valor significativo de vibração a uma distância de 20m do ponto de monitoramento.

Segundo Luzzi *et al.* (2016) em um estudo realizado na cavidade MJ_0001 e publicado no 48º Congresso Brasileiro de Geologia demonstrou-se que, mesmo o tráfego de veículos transitando sobre essa cavidade, não foi registrado nenhuma vibração proveniente do mesmo. Este trabalho pode ser verificado no Anexo 1.

Tabela 19. Matriz Alteração dos Níveis de Vibração Sísmica, impacto no entorno de 250m, na fase de implantação e operação.

Alteração dos Níveis de Vibração Sísmica			Fase: Implantação e Operação
MJ_0009 e MJ_0010			
Critérios	Cavidade	Entorno (250m)	Área de Influência
Ocorrência	Potencial	Real	Potencial
Incidência	Indireta	Direta	Indireta
Natureza	Negativa	Negativa	Negativa
Reversibilidade	Reversível	Irreversível	Reversível
Duração	Temporário	Permanente	Temporário
Prazo de Ocorrência	Curto Prazo	Curto Prazo	Curto Prazo
Abrangência	Pontual	Pontual	Pontual
Relevância	Relevante	Alta Relevância	Relevante
Magnitude	Moderada	Alta Magnitude	Moderada
Temporalidade	Até 5 anos	Até 5 anos	Até 5 anos

Tabela 20. Matriz Alteração dos Níveis de Vibração Sísmica, impacto fora da ADA, na fase de implantação e operação.

Alteração dos Níveis de Vibração Sísmica			Fase: Implantação e Operação
MJ_0001, MJ_0005, MJ_0006, MJ_0007, MJ_0008 e MJ_0011			
Critérios	Cavidade	Entorno (250m)	Área de Influência
Ocorrência			
Incidência			
Natureza			
Reversibilidade			
Duração			
Prazo de Ocorrência			
Abrangência			
Relevância	Irrelevante	Irrelevante	Irrelevante
Magnitude	Desprezível	Desprezível	Desprezível
Temporalidade	-	Até 5 anos	-

1.4.5 Alteração da vegetação

O impacto “Alteração da Vegetação” é decorrente das atividades supressão vegetal para o decapeamento das camadas superficiais do solo e da terraplanagem para corte e aterro.

A supressão vegetal causa prejuízo no equilíbrio ecológico existente, a perda de recursos tróficos para aporte nas cavidades; incidência de raios solares alterando as condições climáticas de temperatura e umidade; o afugentamento e perda de espécimes da fauna por perda habitat como abrigo e alimentação; e o aumento de material particulado (poeira) nas zonas de entrada das cavidades.

1.4.5.1 Fase de Planejamento

Na etapa de planejamento não se espera modificações nas condições ambientais do patrimônio espeleológico. Não serão afetadas as cavidades fora da ADA conforme apresentadas na figura 1 exposta no início deste capítulo. Porém por se tratar de uma expansão das operações atuais, algumas das cavidades já tiveram seu entorno de 250 metros afetados pelas estruturas operacionais instaladas antes da identificação destas cavidades. Apesar da operação atual ter avançado dentro do entorno dos 250m de 02 cavidades (MJ_0009 e MJ_0010), a intervenção não comprometeu o ecossistema destas conforme nos diagnósticos de geoespeleologia e bioespeleologia que serviram de subsídio para a Análise de Relevância das cavidades do projeto. Sendo assim, não foram percebidos impactos decorrentes destas.

Em relação às cavidades MJ_0009 e MJ_0010, o impacto dentro do entorno dos 250m é a montante da cavidade, em parte da área de entorno com a cava do Feijão. Entretanto, este impacto encontra-se limitado à área limite sul da cava, fora da delimitação da área da bacia de contribuição hídrica referente às cavidades.

Tabela 21. Matriz Alteração da Vegetação, com impacto no entorno de 250, na fase de planejamento.

Alteração da Vegetação	Fase: Planejamento		
	MJ_0009 e MJ_0010		
Critérios	Cavidade	Entorno (250m)	Área de Influência
Ocorrência	-	Real	-
Incidência	-	Direta	-
Natureza	-	Negativo	-
Reversibilidade	-	Reversível	-
Duração	-	Temporária	-
Prazo de Ocorrência	-	Curto Prazo	-
Abrangência	-	Local	-
Relevância	Irrelevante	Alta	Irrelevante
Magnitude	Desprezível	Alta	Desprezível
Temporalidade	-	Até 10 anos	-

Tabela 22. Matriz Alteração da Vegetação, sem impacto, na fase de planejamento.

Alteração da Vegetação		Fase: Planejamento	
MJ_0001, MJ_0005, MJ_0006, MJ_0007, MJ_0008 e MJ_0011			
Critérios	Cavidade	Entorno (250m)	Área de Influência
Ocorrência	-	-	-
Incidência	-	-	-
Natureza	-	-	-
Reversibilidade	-	-	-
Duração	-	-	-
Prazo de Ocorrência	-	-	-
Abrangência	-	-	-
Relevância	Irrelevante	Irrelevante	Irrelevante
Magnitude	Desprezível	Desprezível	Desprezível
Temporalidade	-	-	-

1.4.5.2 Fase de Implantação e Operação

Na fase de implantação e operação concomitantes a supressão vegetal sobre as 03 cavidades que serão suprimidas será de forma contínua após liberação da ASV e da realização do resgate espeleológico. Desta forma a alteração na vegetação é considerada como impacto negativo irreversível.

Em relação as 02 cavidades que serão preservadas (MJ_0009 e MJ_0010) e terão o entorno dos 250m impactado, respeitando sua respectiva área de influência, não será necessária a supressão vegetal, pois a cava de Feijão foi desenvolvida anteriormente à descoberta destas cavidades e ao impacto descrito. Desta forma, desde que as medidas de controle ambiental do Programa de Recuperação de Áreas Degradadas (operação mina) estejam dentro dos parâmetros previstos, estas cavidades são consideradas com impacto negativo reversível.

Tabela 23. Matriz Alteração da Vegetação, com supressão, na fase de implantação e operação.

Alteração da Vegetação		Fase: Implantação e Operação	
MJ_0002, MJ_0003 e MJ_0004			
Critérios	Cavidade	Entorno (250m)	Área de Influência
Ocorrência	Real	Real	Real
Incidência	Direta	Direta	Direta
Natureza	Negativa	Negativa	Negativa
Reversibilidade	Irreversível	Irreversível	Irreversível
Duração	Permanente	Permanente	Permanente
Prazo de Ocorrência	Curto Prazo	Curto Prazo	Curto Prazo
Abrangência	Pontual	Pontual	Pontual
Relevância	Alta Relevância	Alta Relevância	Alta Relevância
Magnitude	Alta Magnitude	Alta Magnitude	Alta Magnitude
Temporalidade	Até 5 anos	Até 5 anos	Até 5 anos

Tabela 24. Matriz Alteração da Vegetação, com impacto no entorno de 250, na fase de implantação e operação.

Alteração da Vegetação			Fase: Implantação e Operação
MJ_0009 e MJ_0010			
Critérios	Cavidade	Entorno (250m)	Área de Influência
Ocorrência	-	Real	
Incidência	-	Direta	
Natureza	-	Negativo	
Reversibilidade	-	Reversível	
Duração	-	Temporária	
Prazo de Ocorrência	-	Curto Prazo	
Abrangência	-	Local	
Relevância	Irrelevante	Alta	Irrelevante
Magnitude	Desprezível	Alta	Desprezível
Temporalidade	-	Entre 5 e 10 anos	-

1.4.6 Alteração da fauna cavernícola

O impacto “Alteração da Fauna Cavernícola” é um impacto secundário decorrente de outros impactos como: Alteração do Relevo/Paisagem, com a supressão das cavidades; Alteração da Qualidade do Ar, com a emissão de material particulado (Poeira) para zona de entrada da cavidade; e Alteração da Vegetação, com a supressão vegetal para o decapeamento das camadas superficiais do solo e da terraplanagem para corte e aterro.

1.4.6.1 Fase de Planejamento

Na etapa de planejamento não se espera modificações nas condições ambientais do patrimônio espeleológico e mesmo se tratando de uma expansão das operações atuais, com 02 cavidades com interferência no entorno de 250 metros, nenhuma das cavidades do projeto tiveram sua biota cavernícola alterada, conforme os estudos espeleológicos que subsidiaram a análise de relevância e a emissão da licença prévia. Sendo assim, não foram percebidos impactos decorrentes destas intervenções sobre a estrutura e composição da fauna destas cavidades.

Tabela 25. Matriz Alteração da Fauna Cavernícola, sem impacto, na fase de planejamento.

Alteração da Fauna Cavernícola			Fase: Planejamento
MJ_0009 e MJ_0010			
Critérios	Cavidade	Entorno (250m)	Área de Influência
Ocorrência	-	-	-
Incidência	-	-	-
Natureza	-	-	-
Reversibilidade	-	-	-
Duração	-	-	-
Prazo de Ocorrência	-	-	-
Abrangência	-	-	-
Relevância	Irrelevante	Irrelevante	Irrelevante
Magnitude	Desprezível	Desprezível	Desprezível
Temporalidade	-	-	-

1.4.6.2 Fase de Implantação e Operação

Na fase de implantação e operação concomitantes a supressão de 03 cavidades (PDE Jacó - fase III) acarretará no impacto direto sobre a fauna cavernícola considerada como impacto negativo irreversível.

Em relação as 02 cavidades que serão preservadas e que terão o entorno dos 250m impactado (cava do Feijão), o impacto sobre a fauna cavernícola será de baixa relevância e magnitude, mantendo em equilíbrio o ecossistema cavernícola, uma vez as suas efetivas áreas de influência serão preservadas. Vale a pena pontuar que a área de impacto mais próxima da área de influência, é a área atual da cava do Feijão, que já está com seus taludes em pit final, e que não necessitará de desmonte por explosivos, somente escarificação para controle dos taludes.

Tabela 26. Matriz Alteração da Fauna Cavernícola, sem impacto, na fase de implantação e operação.

Alteração da Fauna Cavernícola			Fase: Implantação e Operação
MJ_0002, MJ_0003 e MJ_0004			
Critérios	Cavidade	Entorno (250m)	Área de Influência
Ocorrência	Real	-	-
Incidência	Direta	-	-
Natureza	Negativo	-	-
Reversibilidade	Irreversível	-	-
Duração	Permanente	-	-
Prazo de Ocorrência	Curto Prazo	-	-
Abrangência	Pontual	-	-
Relevância	Alta Relevância	Irrelevante	Irrelevante
Magnitude	Alta Magnitude	Desprezível	Desprezível
Temporalidade	Até 5 anos	-	-

Tabela 27. Matriz Alteração da Fauna Cavernícola, sem impacto, na fase de implantação e operação.

Alteração da Fauna Cavernícola			Fase: Implantação e Operação
MJ_0009 e MJ_0010			
Critérios	Cavidade	Entorno (250m)	Área de Influência
Ocorrência	Potencial	Real	-
Incidência	Indireta	Direta	-
Natureza	Negativo	Negativo	-
Reversibilidade	Reversível	Irreversível	-
Duração	Permanente	Permanente	-
Prazo de Ocorrência	Curto Prazo	Curto Prazo	-
Abrangência	Pontual	Local	-
Relevância	Baixa Relevância	Baixa Relevância	Irrelevante
Magnitude	Baixa Magnitude	Baixa Magnitude	Desprezível
Temporalidade	Entre 5 e 10 anos	Entre 5 e 10 anos	-

Tabela 28. Matriz Consolidada de Avaliação de Impacto Sobre o Patrimônio Espeleológico

MATRIZ CONSOLIDADA DE AVALIAÇÃO DE IMPACTO SOBRE O PATRIMÔNIO ESPELEOLÓGICO					
Impacto Ambiental	Atividade	Controle Ambientais	Mitigação Ambiental	Compensação Ambiental	Resultados Esperados
Alteração do Relevo/Paisagem	Terraplanagem	Programa de Monitoramento Espeleológico	Programa de Resgate Espeleológico	Programa de Compensação Espeleológica	Garantir de forma permanente 8 cavidades de alta relevância como cavidades testemunho. Resgatar os componentes físicos e biótico representativos de 3 cavidades a serem suprimidas. Permitir a manutenção do equilíbrio do ecossistema das cavidades a serem preservadas
	Operação de Lavra				
Alteração da Dinâmica Hídrica	Terraplanagem	Subprograma de Monitoramento Hídrico	-	-	Garantir a manutenção do regime hídrico das cavidades, mantendo o aporte dos recursos tróficos.
	Supressão Vegetal				
	Operação de Lavra				
Alteração da Qualidade do Ar (Poeira)	Terraplanagem	Subprograma de Monitoramento de Poeira nas cavidades	Programa de Recuperação de Áreas Degradadas e Programa de Monitoramento da Qualidade do Ar	-	Controlar as emissões de material particulado para o interior das cavidades.
	Supressão Vegetal				
	Operação de Lavra				
Alteração dos Níveis de Vibração Sísmica	Operação de Lavra	Subprograma de Monitoramento, Geotécnico e Geoestrutural; Sísmico	-	-	Garantir a integridade física da cavidade sem alterar o equilíbrio do ecossistema cavernícola.
Alteração da Vegetação	Terraplanagem	Subprograma de monitoramento da Fauna Cavernícola	Programa de Recuperação de Áreas Degradadas	Plano de Compensação Florestal	Controlar a emissão de material particulado para a zona de entrada das cavidades e no seu interior; monitorar a temperatura e umidade da zona nas cavidades, manter o aporte e o equilíbrio do ecossistema das cavidades a serem preservadas.
	Operação de Lavra				
	Supressão Vegetal				
Alteração da Fauna Cavernícola	Terraplanagem	Subprograma de monitoramento da Fauna Cavernícola, das Condições tróficas e Ambientais	Programa de Resgate Espeleológico	Programa de Compensação Espeleológica	Garantir de forma permanente 8 cavidades de alta relevância como cavidades testemunho. Resgatar os componentes físicos e biótico representativos de 3 cavidades a serem suprimidas. Permitir a manutenção do equilíbrio do ecossistema das cavidades a serem preservadas.
	Operação de Lavra				
	Supressão Vegetal				

2 PROGRAMA DE MONITORAMENTO ESPELEOLÓGICO

As cavidades MJ_0002; MJ_0003 e MJ_0004 estão situadas na ADA do Projeto GAP Jangada – Feijão e sofrerão impactos negativos irreversíveis, sendo compensadas com a preservação de cavidades testemunhos com atributos espeleológicos similares. As cavidades MJ_0009 e MJ_0010 encontram-se no buffer de 250m da ADA, sofrerão impactos negativos reversíveis e serão constantemente monitoradas durante a vida útil da mina. As demais cavidades, MJ_0001; MJ_0005; MJ_0006; MJ_0007; MJ_0008 e MJ_0011, encontram-se fora da ADA e do buffer, portanto com impactos negativos pouco significativos relacionados ao empreendimento e serão monitoradas seletivamente, de acordo com o programa de monitoramento descrito a seguir.

2.1 PROGRAMA DE MONITORAMENTO GEOTÉCNICO E GEOESTRUTURAL

Este programa de monitoramento refere-se ao acompanhamento do aspecto morfológico original da caverna, identificando quaisquer alterações na morfologia das paredes, teto e piso. Também se refere à preservação do aspecto original de formações secundárias, como espeleotemas (depósitos químicos) ou sedimentos clásticos. Este programa será realizado nas onze cavidades encontradas. Nas cavidades a serem suprimidas este programa será aplicado para coleta de dados de referência.

As cavernas ferríferas apresentam descontinuidades rochosas sob a forma de fraturas e juntas e falhas. O próprio bandamento, arranjo dos clastos, feições estruturais e geomórficas podem também servir como zonas de fraqueza. Essas estruturas representam os locais mais propícios para a ocorrência de abatimentos. O mapeamento geoestrutural permite registrar, em escala de detalhe, a ocorrência dessas feições, habilitando a delimitação das principais zonas de abatimentos nas grutas. O mapa geoestrutural das zonas de risco será documento base para análises posteriores. O mapeamento geoestrutural abrangerá as seguintes etapas:

- Mapeamento geoestrutural nas cavidades, averiguando zonas de falha e fraturas, espeleotemas, projeções rochosas e todas e quaisquer feições que representem fragilidade ou zonas de maior percolação de água;
- Interpretações geotécnicas de forma a avaliar e definir zonas de maior risco/fragilidade, descontinuidades, áreas de baixa resistência e cunhas, dando subsídio para o monitoramento sismográfico e verificação de mudanças na estrutura das cavernas durante a atividade minerária.

Serão apresentados os mapas das cavidades com as principais descontinuidades identificadas e relatório descritivo das feições com sinalização das zonas de maior fragilidade, a fim de possibilitar comparações futuras.

2.2 PROGRAMA DE MONITORAMENTO HÍDRICO

O monitoramento hídrico será realizado nas cavidades MJ_0009 e MJ_0010; este monitoramento refere-se à manutenção das águas e, conjuntamente com o monitoramento biológico, à conservação do clima na cavidade (temperatura e umidade). As cavidades ferríferas geralmente apresentam águas sazonais traduzidas por gotejamentos que cessam poucos meses (1

ou 2 meses) após o término das chuvas. Em nenhuma destas cavidades foi observado fluxos contínuos em seu interior. O programa para monitoramento hídrico destas cavidades contempla:

- Inserção de pluviógrafos externos na área de contribuição hídrica de forma a monitorar os aportes hídricos locais;
- Inserção de pluviógrafos no interior das cavidades de forma a estimar a quantidade e variação das águas infiltradas;
- Mapeamento dos pontos de água (gotejamentos, fluxos hídricos ou zonas úmidas) no interior das cavidades e nos arredores em pelo menos dois períodos – estiagem e chuva;
- Monitoramento dos parâmetros físicos (temperatura e umidade) da caverna.

Será gerado um diagnóstico dos pontos de ocorrência das águas (gotejamentos, jorros etc.) nas cavidades no primeiro ano de monitoramento, incluindo mapas de pontos de gotejamento e aporte de água para cada cavidade. Com estes dados será possível acompanhar de forma assertiva as modificações oriundas do avanço da lavra (quando iniciadas) e inferir possíveis impactos. Pretende-se também verificar o estado das condições hidrológicas anteriormente às atividades de lavra (e da possível ocorrência de impactos a ela associados) para retratar a condição atual do ambiente nesta região.

Serão confeccionados relatórios anuais com mapa de pontos de água e dados de pluviometria, estimativa da porcentagem de chuva que infiltra e acessa as cavidades, estimativa quantitativa do volume de águas e variação de percolação ao longo do ano hidrológico.

2.3 PROGRAMA DE MONITORAMENTO DE VIBRAÇÕES

O programa de monitoramento de vibrações consiste no controle de vibrações provenientes dos desmontes de rochas por explosivos e/ou fontes mecânicas.

Para as cavidades fora da ADA localizadas nas proximidades da ampliação da Cava de Jangada, especificamente as cavidades MJ_0005, MJ_0006, MJ_0007, a distância mínima do limite da cava para a MJ_0005 é de 420m, e as demais estão mais distantes, com destaque para a distância da cava até a cavidade MJ_0011 perfazendo 1.460m. Já em relação a cava de Feijão, a distância da área de desmonte está acima de 500 metros de distância para as cavidades MJ_0009 e MJ_0010 (dentro do buffer da ADA). A cavidade fora da ADA MJ_0008 está distante 2.241m da cava de Feijão.

Este monitoramento abrangerá as cavidades MJ_0005; MJ_0006, MJ_0007, que, embora estejam distantes da cava em licenciamento, são as cavidades mais próximas do buffer da ADA, além das cavidades MJ_0009 e MJ_0010 próximas à cava (no buffer).

Para as cavidades MJ_0005; MJ_0006, MJ_0007, tal monitoramento será realizado durante a implantação do projeto e, também, durante o avanço da lavra por um período um ano. Já para as cavidades MJ_0009 e MJ_0010, o monitoramento será realizado por um período indeterminado. Serão emitidos relatórios anuais referentes a esse monitoramento.

Devido à proximidade entre as cavidades do agrupamento MJ_0005, MJ_0006 e MJ_0007, apenas a cavidade MJ_0005 será monitorada. Devido à proximidade entre as cavidades do agrupamento MJ_0009 e MJ_0010, apenas a cavidade MJ_0010 será monitorada.

Caso no intervalo de um ano não haja evidência de registros acima de 5 mm/s, será avaliada a continuidade deste programa. Este monitoramento será realizado em seguida à expedição da

licença ambiental, afim de garantir a integridade física destas cavidades e a compatibilização das atividades mineiras com a preservação do patrimônio espeleológico.

2.4 PROGRAMA DE MONITORAMENTO DE POEIRA

Alteração da Qualidade do Ar (poeira) decorrente da injeção antrópica de material particulado no interior das cavidades, pode provocar diminuição na umidade e da qualidade dos substratos (orgânicos ou não), interferindo diretamente na disponibilidade destes recursos para a fauna de invertebrados. Porém este tipo de impacto é considerado reversível e mitigável, com monitoramentos das atividades destes distúrbios e das cavidades.

Dessa forma, é de grande importância o monitoramento dos componentes físicos visando a obtenção de dados que permitam eventuais alterações decorrentes da implantação e operação do empreendimento.

Este monitoramento visa identificar os possíveis impactos na qualidade do ar pela dispersão de particulados relacionados às atividades de mineração com influência direta nas cavidades MJ_0009 e MJ_0010. A ocorrência de poeira está relacionada principalmente aos desmontes químicos da rocha e à movimentação de máquinas e equipamentos nos acessos próximos às cavidades. Na prática, já ocorre aspersão de água nestes acessos rotineiramente pela operação da mina, porém o monitoramento visa assegurar que as cavidades não estão sendo afetadas.

O programa de monitoramento proposto possui os seguintes objetivos específicos:

- Permitir a manutenção da integridade física das cavidades e de suas áreas de influência localizadas no empreendimento durante a etapa de implantação e operação;
- Permitir a manutenção da integridade dos elementos bióticos e abióticos, superficiais ou subterrâneos, necessários à manutenção do equilíbrio ecológico do ambiente cavernícola antes e após o início das operações.

A análise de poeira será pelo método de placas coletoras, onde a coleta da poeira e o limite para medir as taxas de deposição são geralmente diretos. Uma série de placas de vidro (placas de Petri) são colocadas do lado de fora e na cavidade para coletar a poeira que cai. Elas podem ser colocadas em transectos (dependendo do tamanho da cavidade) para observar a tendência da deposição de poeira ou como placas individuais para observar a deposição no local.

As placas são deixadas na cavidade por um determinado período de tempo. A quantidade de tempo que as placas devem ser deixadas varia com a taxa de deposição, o objetivo do estudo e a sensibilidade do método de quantificar a deposição de poeira. Frequentemente, várias placas ou pratos são colocados juntos, de modo que as placas individuais possam ser analisadas em diferentes intervalos. A placa é então removida da caverna e a quantidade e os tipos de poeira são determinados. A coleta das placas fornece informações integradas sobre a deposição de poeira durante um período de tempo conhecido.



Figura 5. Placas de Petri a serem colocadas no interior das cavidades.

Entretanto a análise das placas coletadas requer equipamento especializado e laboristas treinados. O método é semelhante a metodologia desenvolvida Toomey (2009) para monitoramento geológico de cavernas e paisagens associadas, sendo especificamente para a quantificação do acumulado na cavidade e exterior.

Os métodos para medir a quantidade e/ou tipos de materiais depositados incluem trabalho de campo para implantar ou coletar placas requer nível científico treinado de identificação de componentes de sedimentação e métodos usados para identificar componentes.

2.4.1 Análise quantitativa da poeira depositada nas placas

As placas, identificadas e com pesagem conhecida, serão instaladas em quatro pontos preestabelecidos na entrada e no interior das cavidades. As placas instaladas serão avaliadas semestralmente, removendo-as das cavidades vedando-as e substituindo por outras. A determinação e quantificação do material particulado depositado deverá ser pelo método de Índices Físicos (secagem e pesagem) estipulados pela ABNT.

Caso haja distorções na quantidade de poeira (constatação de um quantitativo mínimo de poeira nas placas), os processos mitigação, como aspersão e o uso de sprinklers serão reforçados de modo a mitigar a incidência na cavidade onde foi constatado impacto. Como dito anteriormente na previsão de impactos, a manutenção e implementação da vegetação no entorno desta área minimiza a incidência de particulados nas cavidades.

2.4.2 Equipe Técnica

Este programa de monitoramento de poeira será realizado pela equipe técnica de espeleologia da Vale e/ou por empresa especializada contratada para este fim. Este monitoramento

terá início imediatamente após a aprovação do licenciamento ambiental, perdurando durante a fase de instalação e no primeiro ano de operação.

2.5 PROGRAMA DE MONITORAMENTO DE FAUNA CAVERNÍCOLA

Os dados para proposta do monitoramento da fauna cavernícola foram retirados do relatório de relevância espeleológica elaborado pela empresa Ativo Ambiental. Conforme demonstrado nos relatórios apresentados a este órgão ambiental, as cavidades possuem pequenas dimensões e sem características de ambientes subterrâneos característicos. Além disso, não existem populações de espécies com grande afinidade ao ambiente subterrâneo, sendo as mais representativas de espécies mais associadas a áreas de entradas das cavidades, conforme tabela abaixo.

Tabela 29. Espécies com populações mais representativas das duas cavidades avaliadas.

Taxon	Ordem	Familia	Morfoespécie	MJ_0009		MJ_0010	
				Chuva	Seca	Chuva	Seca
Insecta	Hemiptera	Reduviidae	Zelurus spp.	55	33	65	40
	Ensifera	Phalangopsidae	Eidimanacris sp.1	2	30	0	40
Arachnida	Araneae	Pholcidae	Mesabolivar sp.2	6	18	1	14
		Theridiidae	Theridiidae spp.	13	8	1	7

Monitorar a fauna em ambientes confinados como cavidades de pequenas dimensões e com abundância extremamente reduzidas pode causar um significativo impacto sobre a fauna, mas principalmente, no ambiente, tendo em vista o pisoteamento excessivo provocado durante o acesso para o monitoramento e pela procura pela fauna em abrigos potenciais (e.g. embaixo de pedras e troncos, serapilheira, etc.). Tendo em vista o tamanho reduzido das cavidades e a ausência de populações estabelecidas para a maioria dos táxons, em especial espécies com potencial para serem utilizadas como bioindicadores, não é recomendado o monitoramento das espécies de invertebrados, pois o monitoramento poderia causar um impacto desnecessário uma vez que não seriam obtidos resultados que comprovem impactos devido ao avanço do empreendimento.

Devido às dificuldades em monitorar a fauna nas duas cavidades, sugere-se monitoramento de outros aspectos de modo a verificar de forma indireta possíveis modificações. Assim, é recomendado o monitoramento dos substratos orgânicos e das condições climáticas de temperatura e umidade relativa do ar.

Para o monitoramento dos substratos orgânicos serão levantados semestralmente (seca e chuva) todos os substratos observados nas cavidades. A disposição dos recursos tróficos em cada cavidade será plotada nos mapas das cavidades e a qualidade do recurso será qualitativamente avaliada de acordo com a idade aparente (recente, antigo) e abundância (pontual, manchas pequenas, manchas grandes) para o monitoramento trófico das cavidades. Isto permitirá a dinâmica dos recursos nas cavidades ao longo do tempo, conforme ilustrado na figura abaixo.

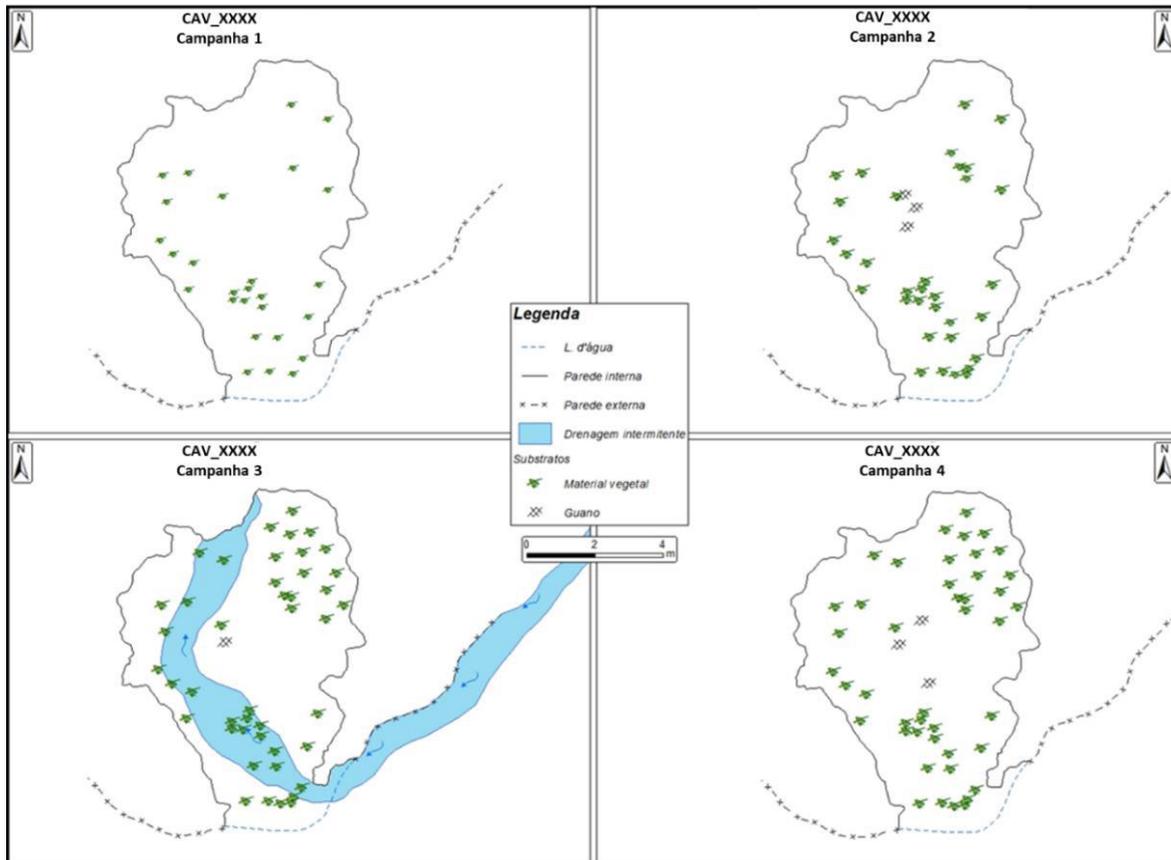


Figura 6. Exemplo da metodologia proposta para monitoramento de substratos orgânicos na cavidade.

Como as cavidades possuem pequenas dimensões e maior parte de suas áreas são de zona de entrada, para o monitoramento climático será instalado um medidor de temperatura e umidade no interior de cada cavidade. Assim é possível acompanhar se o avanço do empreendimento está ocasionando alguma mudança no microclima dentro das cavidades. Também será instalado um medidor no entorno das duas cavidades de modo a acompanhar os dados externos para comparação com os dados internos.

Para cada cavidade serão obtidos os dados abaixo:

- Período de Coleta
- Eventos de Coleta
- Intervalo de medição
- Temperatura máxima (°C)
- Temperatura mínima (°C)
- Temperatura média (média aritmética simples) (°C)
- Desvio padrão – Temperatura (°C)
- Amplitude de variação da temperatura (°C)
- Umidade Relativa máxima (%)
- Umidade Relativa mínima (%)
- Umidade Relativa média (média aritmética simples) (%)
- Desvio padrão - Umidade (%)

- Amplitude de variação da Umidade Relativa (%)

Adicionalmente aos itens descritos acima, sugere-se ao invés do monitoramento de populações potencialmente bioindicadoras a realização de um levantamento completo da fauna das duas cavidades, nas estações seca e chuvosa, antes da instalação do empreendimento, antes da operação e depois a cada 02 anos. Com esse levantamento será possível correlacionar os dados do monitoramento de substratos orgânicos e climáticos com a biota local, além de ter uma comparação com a fauna levantada durante os inventários realizados. Após dois levantamentos completos durante a operação será avaliada a necessidade de continuação dos monitoramentos.

O inventário de fauna será realizado em dois períodos, sendo um correspondente à estação chuvosa e o outro à estação seca na região. Os invertebrados serão amostrados através do método de busca ativa. Tal método é realizado através de buscas visuais por toda a cavidade, priorizando microhabitats (espaços sob rochas, pequenas fendas, solo úmido, espeleotemas etc.) e depósitos orgânicos (serrapilheira, troncos, carcaças, guano etc.), coletando os indivíduos avistados com o auxílio de pinças e pincéis. Durante as amostragens não serão coletados todos os indivíduos avistados para evitar uma possível desestruturação de populações com baixa abundância. Os invertebrados coletados serão eutanasiados por mergulho em álcool absoluto (99,3° INPM) para melhor preservação. Posteriormente, em laboratório, os espécimes serão triados e identificados.

Propõe-se o cronograma abaixo para a execução do monitoramento bioespeleológico nas cavidades MJ_0009 e MJ_0010:

Tabela 30. Cronograma proposto para a execução do monitoramento bioespeleológico nas cavidades MJ_0009 e MJ_0010.

Etapa do projeto	Atividades	Periodicidade
Pré-Instalação	Monitoramento de substratos orgânicos	Semestral - Seca e chuva
	Monitoramento climático	Contínuo
	Levantamento completo da fauna	Semestral - Seca e chuva
Instalação	Monitoramento de substratos orgânicos	-
	Monitoramento climático	Contínuo
	Levantamento completo da fauna	-
Pré-Operação	Monitoramento de substratos orgânicos	Semestral - Seca e chuva
	Monitoramento climático	Contínuo
	Levantamento completo da fauna	Semestral - Seca e chuva
Operação	Monitoramento de substratos orgânicos	A cada 02 anos - seca e chuva
	Monitoramento climático	Contínuo
	Levantamento completo da fauna	A cada 02 anos - seca e chuva

2.6 CRONOGRAMA DE ATIVIDADES

O levantamento geotécnico/geoestrutural das onze cavidades será realizado no período de um ano, durante a fase de implantação. Será emitido relatório técnico após o término do levantamento.

O monitoramento hídrico terá início imediatamente após a emissão da licença ambiental, e será realizado no intervalo de um ano durante a fase de implantação e na fase de operação, com emissão de relatório anualmente. O monitoramento hídrico nas cavidades de supressão será executado até a implantação da PDE nas imediações destas cavidades, quando será feita uma

reavaliação da continuidade do programa, uma vez que estas cavidades apresentam alguma atividade hídrica mensurável somente no período chuvoso.

O monitoramento de vibrações será realizado imediatamente após a emissão da licença ambiental no período de um ano na fase de implantação e um ano na fase de operação para as cavidades MJ_0005, MJ_0006 e MJ_0007, e por um período indeterminado para as cavidades MJ_0009 e MJ_0010. Caso não haja evidência de registros acima de 5 mm/s no período de um ano na fase de operação, será reavaliada a continuidade deste programa.

O monitoramento de deposição de poeira será semestral e iniciará logo após a obtenção da Licença de Instalação e Operação (LI+LO) e deverá ser realizado durante toda vida útil da mina, com emissão de relatório anualmente.

A tabela a seguir apresenta o cronograma das atividades do Programa de Monitoramento Espeleológico nas etapas de Implantação e operação.

Tabela 31. Cronograma de Execução do Programa de monitoramento Espeleológico

ATIVIDADES	ANO 1				ANO 2			
	IMPLANTAÇÃO				OPERAÇÃO			
	1º	2º	3º	4º	1º	2º	3º	4º
Mapeamento geotécnico e geoestrutural	x	x	x	x				
Monitoramento hídrico	x	x	x	x	x	x	x	x
Monitoramento sísmico	x	x	x	x	x	x	x	x
Monitoramento de sedimentos	x	x	x	x	x	x	x	x
Elaboração do relatório consolidado (anual)				x				x

3 ANEXOS

Anexo 1. Vibrações produzidas por fontes mecânicas e sua potencial interferência em cavernas ferríferas: estudo de caso da caverna MJ_0001, Quadrilátero Ferrífero, Brasil – Pôster apresentado no 48º Congresso Brasileiro de Geologia.

INTRODUÇÃO

É de conhecimento que as vibrações oriundas de detonações para desmonte de rochas podem causar danos às edificações e estruturas naturais como as cavidades subterrâneas. O presente estudo tem como objetivo verificar e quantificar o nível das vibrações que podem ser causadas por fontes mecânicas, sendo, neste caso específico geradas pelo tráfego de veículos variados sobre uma cavidade natural que está inserida sob uma estrada no município de Brumadinho, em Minas Gerais. A cavidade MJ-0001 tem sua gênese claramente associada à erosão fluvial já que é possível observar processos hidrológicos, um sumidouro na forma de uma pequena cachoeira, após a queda d'água, que penetra via claraboia, o escoamento perene percorre aproximadamente 18m pela cavidade, ressurgindo logo em seguida. A cavidade é constituída pela canga detrítica, composta por fragmentos angulosos a sub-angulosos constituídos principalmente por calhaus e seixos de hematita compacta, fragmentos da formação ferrífera e, menos comumente, pelo quartzo.

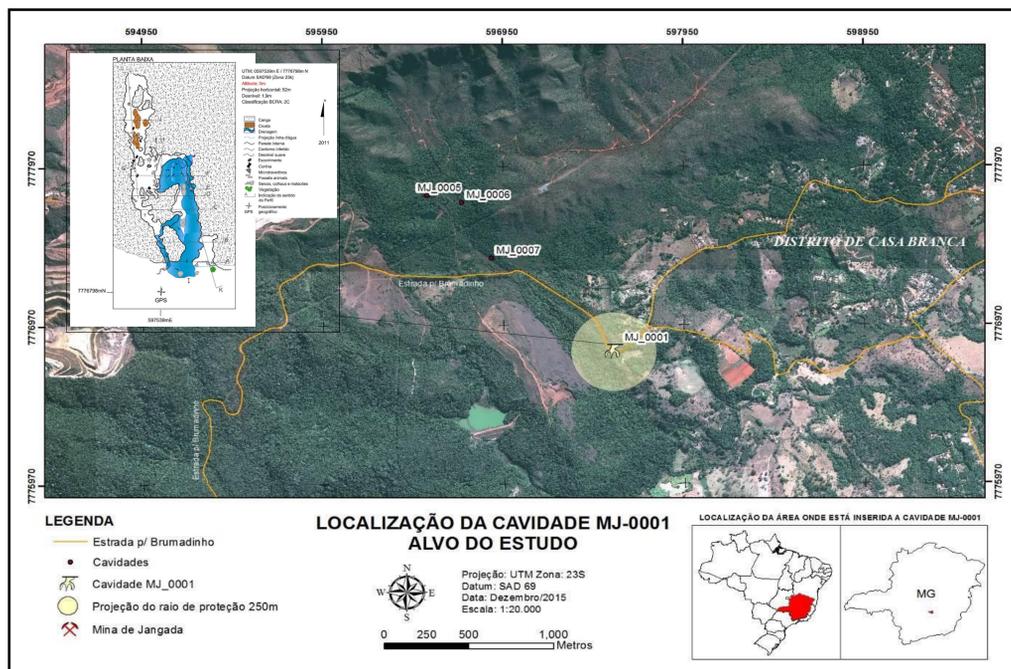


Figura 1 - Mapa de localização da cavidade com detalhe para planta baixa da mesma

METODOLOGIA

Para mensurar o nível das vibrações, foi utilizado um sismógrafo de engenharia modelo Minimate Plus Series III, da marca Instanet devidamente calibrado dotado de sensor tri ortogonal (Geofone) para registro de vibrações no terreno. Configurado em modo sensitivo, sendo neste, o valor de sensibilidade mínimo de gatilho para acionamento do aparelho definido como superior a 0,51 mm/s de velocidade de pico de partícula até o limite máximo de 31,7 mm/s. Foram realizadas duas sessões de monitoramento estando o geofone instalado sobre a cavidade em sua calota superior externa, onde pressupõe-se que seja o local mais susceptível a abalos sísmicos devido a sua pouca espessura. O equipamento foi locado cerca de um (1) metro distante da linha de tráfego dos veículos monitorados. Através desse monitoramento é possível identificar os níveis de vibrações induzidos ao terreno natural por diversos tipos de veículos com massas (kg) e velocidades variadas. Os monitoramentos aqui relatados foram realizados no período de 10h00min às 12h30min do dia 02 de outubro de 2015 e no período de 10h30min às 12h00min do dia 04 de novembro de 2015, totalizando 67 medições.



Figura 2 - Superfície sobre a caverna MJ-0001: a linha tracejada indicando a projeção linear aproximada da cavidade sob a estrada. No detalhe acima à direita, geofone do sismógrafo instalado no maciço que compõe o teto da cavidade.

RESULTADOS

Com relação às vibrações provocadas pelo tráfego durante o monitoramento realizado na área em estudo, estão apresentados abaixo os resultados obtidos para cada tipo de veículo:

• Motocicletas

Foram realizadas um total de 5 monitoramentos, sendo que nenhum conseguiu disparar o gatilho do sismógrafo de engenharia de $V_p = 0,51$ mm/s.

• Carros Pequenos

Foram monitorados diversos tipos de carros pequenos. Assim, foram realizados um total de 36 medições, sendo que nenhuma conseguiu disparar o gatilho do sismógrafo de engenharia de $V_p = 0,51$ mm/s.

• Caminhonete

Foram realizadas um total de 10 medições, sendo que nenhuma conseguiu disparar o gatilho do sismógrafo de engenharia de $V_p = 0,51$ mm/s.

• Van

Foram realizadas um total de 6 medições, sendo que nenhuma conseguiu disparar o gatilho do sismógrafo de engenharia de $V_p = 0,51$ mm/s.

• Ônibus

Foram monitorados ônibus e micro ônibus. Assim, foram realizadas um total de 12 medições, sendo que nenhuma conseguiu disparar o gatilho do sismógrafo de engenharia de $V_p = 0,51$ mm/s.

• Caminhão

Foram monitorados diversos tipos de caminhões com diferentes cargas. Assim, foram realizados um total de 11 medições, sendo que nenhuma conseguiu disparar o gatilho do sismógrafo de engenharia de $V_p = 0,51$ mm/s.



Figura 3 - Registro dos tipos de veículo que trafegaram sobre a cavidade durante o experimento

CONCLUSÕES

Com relação às vibrações provocadas pelo tráfego de veículos durante os trabalhos realizados na área em estudo foram observados vários tipos de veículos trafegando no local incluindo: ônibus, caminhões carregados, automóveis pequenos, caminhonetes, vans, motocicletas e micro-ônibus. Em nenhuma ocasião os sensores dos sismógrafos foram acionados, não sendo assim registradas vibrações superiores ao nível mínimo de acionamento programado de $V_p = 0,51$ mm/s, e com isso nenhum sismograma foi gerado. Com base nos ensaios realizados, pôde-se observar que os níveis de vibração pelo terreno mantiveram-se abaixo dos limites estabelecidos pela norma da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) Normas Brasileiras Regulamentadoras (NBR) 9653/2005. Conclui-se então que no período abrangido pelo presente estudo o tráfego local não é capaz de gerar vibrações que comprometam a integridade física da cavidade MJ-0001, já que a intensidade das mesmas é muito reduzida.

REFERÊNCIAS

- ABNT – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 9653. Guia para avaliação dos efeitos provocados pelo uso de explosivos nas minerações em áreas urbanas. São Paulo, 11p., 2005.
- ANTONINI, A., MARTINS, B.D. Relatório de monitoramento das vibrações pelo terreno geradas por fontes aleatórias e detonações no Projeto Ferro Carajás S11D em Canã dos Carajás – PA – período setembro a dezembro de 2014 / terceiro quadrimestre de 2014. Belo Horizonte, 716p., 2015.
- AULER, A. Perímetro de Proteção - Cavidade CAI-03. Carste Consultores Associados, Belo Horizonte, 18p., 2011.
- DIAS, C.R.C., DUTRA, G.M., LUZZI, L.A.C., MUNARO, P. Estudos de adequação do entorno de proteção das cavidades naturais subterrâneas ABOB-0006 e 0019 da mina Abóboras. Nova Lima, 29p., 2014.
- RIBEIRO, F.A., et al. Análise de Relevância do Patrimônio Espeleológico na Área de Influência Direta (AID) referente à Licença de Instalação (179/2008) do Projeto de Expansão da Mina da Jangada. Belo Horizonte, 174p., 2011.
- SISKIND, D.E. Vibrations From Blasting. International Society of Explosives Engineers, 120p., 2000.
- T. Milne and A. Weir-Jones Use of passive microseismic monitoring. Canadian Mining Journal. 2013.
- ZHENDE, G., XIAOZHEN J., MING, G. A Calibration Test of Karst Collapse Monitoring Device by Optical Time Domain Reflectometry (BOTDR) Technique. 13th Sinkhole Conference, 8p., 2013.