

BRASKEM S.A.

MACEIÓ-AL

**PLANO DE FECHAMENTO DAS FRENTES DE
LAVRA M#03, M#15, M#20, M#21, M#29 E
M#34**

EMPRESA RESPONSÁVEL PELA ELABORAÇÃO DESTE DOCUMENTO	
Razão social: Brandt Meio Ambiente Ltda.	
CNPJ: 71.061.162/0001-88	
Endereço: Alameda do Ingá, 89 - Vale do Sereno - 34.006-042 - Nova Lima - MG - Tel (31) 3071 7000	
Site: www.brandt.com.br	e-mail: contato@brandt.com.br
Diretor e Representante Legal Geral: Diego Lara	
CPF: 064 754 196 30	
Registro Cadastro Técnico Federal: 2067350	

EQUIPE TÉCNICA DA BRANDT MEIO AMBIENTE		
ESTA EQUIPE PARTICIPOU DA ELABORAÇÃO DESTE RELATÓRIO TÉCNICO E RESPONSABILIZA-SE TECNICAMENTE POR SUAS RESPECTIVAS ÁREAS		
Nome	Formação / Registro Profissional Currículo Lattes	Cargo Responsabilidade no Projeto
Vinicius Rodrigues dos Santos	Engenheiro Ambiental/Engenheiro Geólogo/Engenheiro de Segurança do Trabalho/Msc. Evolução Crustal e Recursos Naturais CREA 128553D/MG	Analista Ambiental Responsável técnico pela elaboração do projeto

EMPRESA RESPONSÁVEL PELO EMPREENDIMENTO	
Razão social	BRASKEM S.A.
CNPJ	42150391/0001-70
Endereço	RUA ETENO, 1561, POLO INDUSTRIAL DE CAMAÇARI, CAMAÇARI-BA. CEP: 42816-200
E-mail	sceficienciajuridica-notificacoes@braskem.com
Órgão Licenciador	ANM

Controle e Segurança da Informação
<p>O conteúdo dos documentos técnicos emitidos oficialmente pela Brandt Meio Ambiente em sua versão final, não poderá sofrer alteração por terceiros sem o consentimento da mesma, para qualquer tipo de uso posterior à entrega, tendo em vista Responsabilidade Técnica envolvida na sua elaboração.</p> <p>Documentos díspares aos emitidos pela Brandt não terão validade e poderão ser questionados legalmente a qualquer tempo.</p>

Sumário

1	APRESENTAÇÃO	5
2	OBJETIVOS	11
2.1	Objetivos Específicos	11
3	METODOLOGIAS ADOTADAS	12
3.1	Dados Secundários Considerados	12
3.2	Normalização e Legislação Aplicada	12
4	CONTEXTUALIZAÇÃO E HISTÓRICO DAS FRENTES DE LAVRA M#03, M#15, M#20, M#21, M#29 e M#34	13
4.1	Histórico da Frente de Lavra M#03	13
4.2	Histórico da Frente de Lavra M#15	14
4.3	Histórico da Frente de Lavra Conjugada M#20/M#21	16
4.4	Histórico da Frente de Lavra M#29	18
4.5	Histórico da Frente de Lavra M#34	20
5	CONTEXTUALIZAÇÃO DO EVENTO DE COLAPSO DA FRETE DE LAVRA M#18	21
5.1	Interpretação e Consequências do Colapso da Frente de Lavra M#18	22
6	SITUAÇÃO ATUAL DAS FRENTES DE LAVRA M#03, M#15, M#20/M#21, M#29 e M#34	24
6.1	Atualização do Fluxograma de Fechamento de Frentes de Lavra	26
6.2	Escopo de Fechamento das Frentes de Lavra M#03, M#15, M#20/M#21, M#29 E M#34	28
7	FASE DE PÓS-FECHAMENTO	29
7.1	Monitoramento de Estabilidade Física do Solo	29
7.1.1	Sistema DGPS	31
7.1.2	Interferometria	32
7.1.3	Topografia tradicional	33
7.1.4	Inclinômetros	34
7.1.5	Tiltímetros	35
7.1.6	Rede sísmica integrada	36
7.1.7	Sala de monitoramento integrado	37
7.2	Monitoramento da Qualidade Hidroquímica da Água Subterrânea	39
8	CRONOGRAMA FÍSICO-FINANCEIRO	42
9	CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES	44
10	REFERÊNCIA	45
	ANEXOS	46
	ANEXO 1 - ART	47

Índice de inserções

INSERÇÃO 1-1 - Fluxograma de fechamento das frentes de lavra elaborado no relatório "Consolidação dos Estudos Relativos ao Plano de Fechamento Para as Frentes de Lavra em Maceió" (2021)	7
INSERÇÃO 1-2 - Esquema ilustrativo apresentado as cavidades e seus respectivos grupos e planos de ação (2021) ...	8
INSERÇÃO 1-3 - Localização das cavidades vistas em planta e seus respectivos grupos previstos no relatório "Consolidação dos Estudos Relativos ao Plano de Fechamento Para as Frentes de Lavra em Maceió" (2021)	9
INSERÇÃO 1-4 - Localização das cavidades M#03, M#15, M#20, M#21, M#29 e M#34 e seus respectivos raios de segurança (3R) e poços de acesso	10
INSERÇÃO 4-1 - Quadro resumo dos sonares realizados na frente de lavra M#03	14
INSERÇÃO 4-2 - Quadro resumo dos sonares realizados na frente de lavra M#15	15
INSERÇÃO 4-3 - Quadro resumo dos sonares realizados na frente de lavra conjugada M#20/M#21	17
INSERÇÃO 4-4 - Quadro resumo dos sonares realizados na frente de lavra M#29	19
INSERÇÃO 4-5 - Quadro resumo dos sonares realizados na frente de lavra M#34	20
INSERÇÃO 5-1 - Antes e depois M#18. A) Cenário antes do colapso da cavidade da frente de lavra M#18 B) Cenário após o colapso da cavidade da frente de lavra M#18	22
INSERÇÃO 6-1 - Esquema ilustrativo apresentado as cavidades e seus respectivos grupos e planos de ação atualizados	24

INSERÇÃO 6-2 - Localização das cavidades vistas em planta e seus respectivos grupos atuais, incluindo as cavidades reclassificadas	25
INSERÇÃO 6-3 - Fluxograma de fechamento das frentes de lavra atualizado	27
INSERÇÃO 7-1 - Mapa de localização da rede de monitoramento.....	30
INSERÇÃO 7-2 - Antenas de DGPS	31
INSERÇÃO 7-3 - Trajetórias (ascendentes e descendentes) dos satélites.....	32
INSERÇÃO 7-4 - Monitoramento por topografia tradicional.....	33
INSERÇÃO 7-5 - Monitoramento topográfico do deslocamento horizontal (direita) e monitoramento topográfico do controle de subsidência (esquerda)	34
INSERÇÃO 7-6 - Inclinômetro <i>in-place</i>	34
INSERÇÃO 7-7 - Tiltímetros instalados na área de interesse.....	35
INSERÇÃO 7-8 - Rede Sísmica Integrada: Estação de superfície (esquerda) e estação de profundidade (direita)	36
INSERÇÃO 7-9 - Detalhamento dos equipamentos da rede sísmica integrada	36
INSERÇÃO 7-10 - Funcionamento da sala de monitoramento geotécnico integrado	38
INSERÇÃO 8-1 - Cronograma físico-financeiro do <i>backfilling</i> das cavidades M#03, M#15, M#20/M#21, M#29 e M#34	43

1 APRESENTAÇÃO

Este trabalho apresenta o Plano de Fechamento das Frentes de Lavra M#03, M#15, M#20/21, M#29 e M#34, que faziam parte do Grupo 4, seguindo as recomendações do IfG dadas no relatório “Interpretação e Consequências do Processo de Colapso da Frente de Lavra M#18” (“*Cavern Field Maceió: Expert Judgement on Interpretation and Consequences of Sinkhole Process at Mine 18*”), protocolado no dia 14/03/2024 na ANM via SEI: 11982851 e 11982982, que considera o preenchimento dessas cavidades com material sólido, como sendo a metodologia mais adequada para o fechamento seguro deste grupo.

Em 01/04/2024 a ANM emitiu o DESPACHO Nº 48665/GT-SAL/ANM/2024, indicando o recebimento do relatório “Cavern Field Maceió: Expert Judgement on Interpretation and Consequences of Sinkhole Process at Mine 18”. Ainda no mesmo despacho a ANM diz o seguinte: *“Recomendamos que seja aprovada a solicitação apresentada pela Braskem, autorizando a reclassificação pleiteada, lembrando da necessidade de apresentação da atualização do Plano de Fechamento, contemplando tais alterações”*.

Logo em seguida, na mesma data do DESPACHO Nº 48665/GT-SAL/ANM/2024, a ANM emitiu o DESPACHO Nº 48812/GER-AL/ANM/2024, dizendo o seguinte: *“Acolhemos a sugestão, do coordenador do GT SAL, Despacho 48665 (12250898), de reclassificar as frentes de lavra M#03, M#15, M#20/21, M#29 e M#34, solicitadas pela Braskem, para o grupo de preenchimento com material sólido, após a apresentação do Plano de Fechamento atualizado”*.

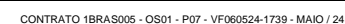
A ANM por meio do Ofício nº 11875/2024/GER-AL/ANM solicita o cumprimento da exigência no prazo de 60 (sessenta) dias contados a partir do dia 05/04/2024, a saber: *“Atualizar o Plano de Fechamento de Mina, de acordo com a Resolução ANM Nº 68, DE 30 DE ABRIL DE 2021, contemplando o novo cenário proposto a partir da reclassificação das frentes de lavra M#03, M#15, M#20/21, M#29 e M#34 para o Grupo 3 (preenchimento com material sólido)”*.

Além do estudo do IfG, esse trabalho tem como base o relatório “Consolidação dos Estudos Relativos ao Plano de Fechamento Para as Frentes de Lavra em Maceió”, elaborado pela Brandt Meio Ambiente em 2021, protocolado através do SEI 2153492, que define os 5 grupos, que serão discutidos a seguir.

Ainda nesse trabalho mencionado, foi apresentado o fluxograma geral de fechamento, trazendo a dinâmica de fechamento de mina definida pela BRASKEM, que passará aqui por uma atualização. Este fluxograma foi baseado nas alternativas de fechamento de cada grupo de cavidades e considera também as análises de cenários de riscos efetuadas, funcionando também como um método “*What If*” global.

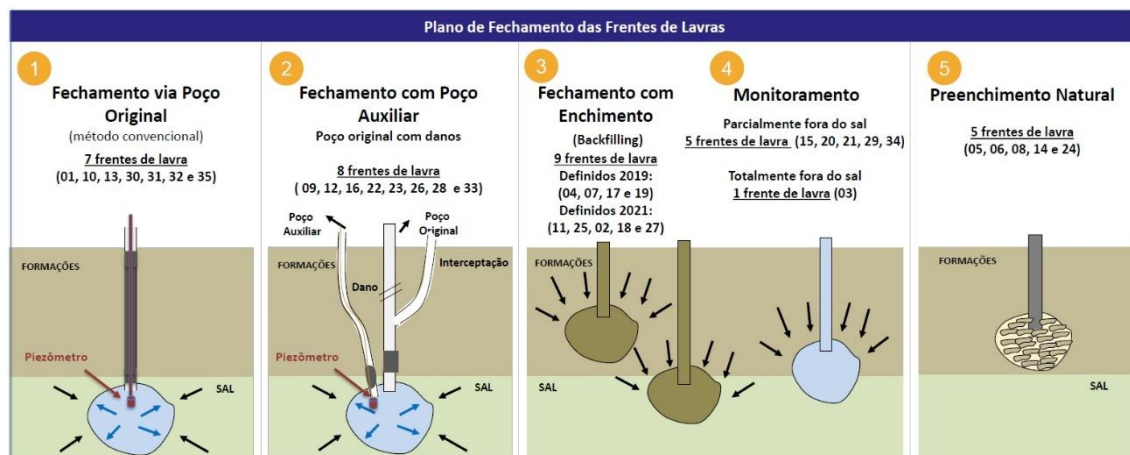
Esses grupos são apresentados no relatório “Consolidação dos Estudos Relativos ao Plano de Fechamento Para as Frentes de Lavra em Maceió”, elaborado pela empresa Brandt Meio ambiente e protocolado através do SEI 2153492. A seguir são apresentados os grupos de cavidade segundo status das condições atuais e medidas a serem tomadas:

- **Grupo 1:** Pertencem a esse grupo as cavidades **M#01, M#10, M#13, M#30, M#31, M#32 e M#35** - fechamento via poço original, monitoramento por piezômetro e tamponamento dos poços.
- **Grupo 2:** Pertencem a esse grupo as cavidades **M#09, M#12, M#16, M#22, M#23, M#26, M#28 e M#33** - fechamento via poço auxiliar, monitoramento por piezômetro e tamponamento dos poços.
- **Grupo 3:** Pertencem a esse grupo as cavidades **M#04, M#07, M#17, M#19, M#11, M#25, M#02, M#18 e M#27** - fechamento com enchimento (*backfilling*).
- **Grupo 4:** Pertencem a esse grupo as cavidades **M#03, M#15, M#20, M#21, M#29 e M#34** - monitoramento via sonar.
- **Grupo 5:** Pertencem a esse grupo as cavidades **M#05, M#06, M#08, M#14 e M#24** - autopreenchimento.



A inserção a seguir apresenta um esquema ilustrativo dos grupos de cavidades conforme descrito anteriormente.

INSERÇÃO 1-2 - Esquema ilustrativo apresentado as cavidades e seus respectivos grupos e planos de ação (2021)

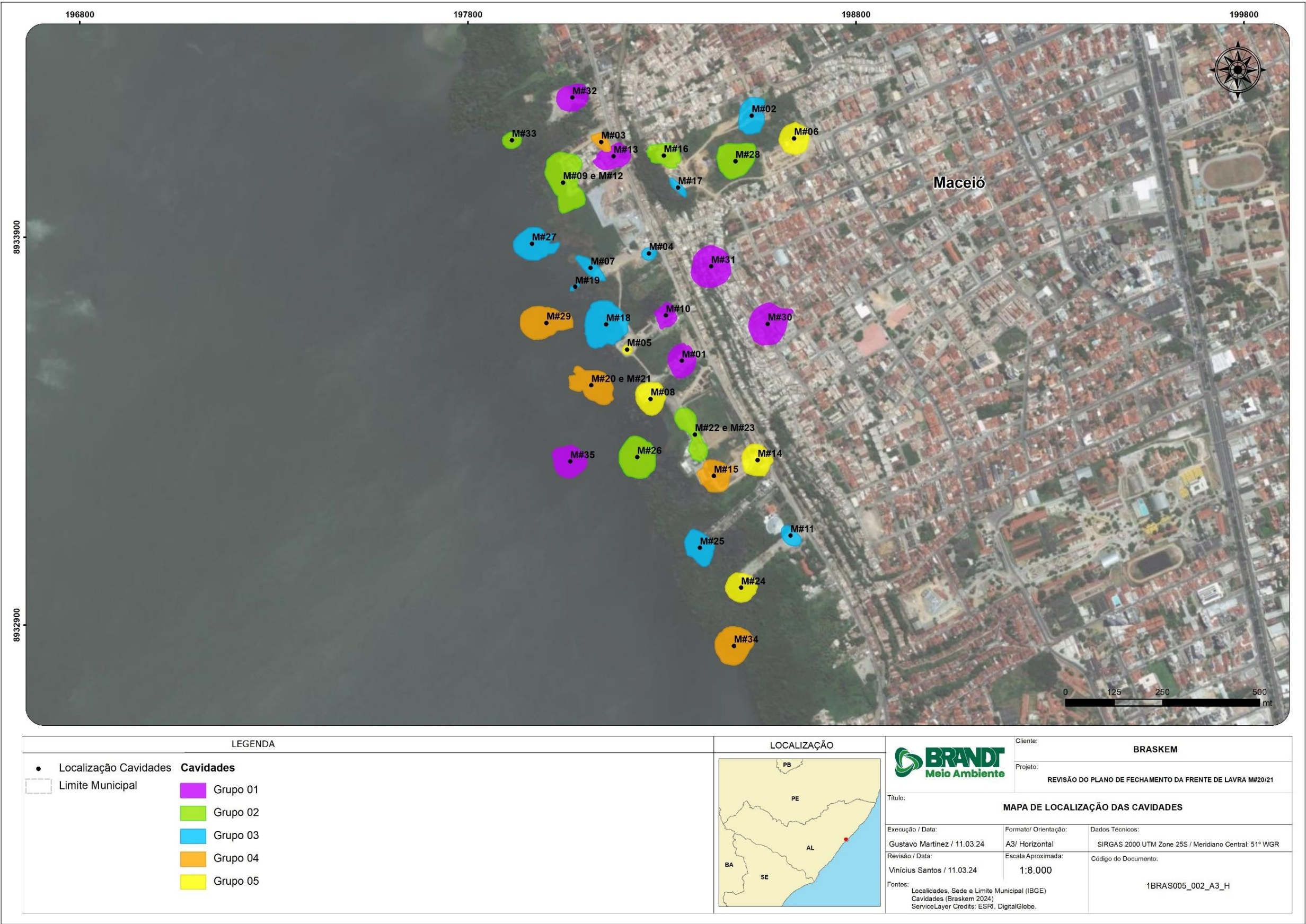


É possível que alterações no estado das cavidades estejam atreladas a fatores tais como, mudanças na condição de pressurização, taxa de progressão e possibilidade de formação de *sinkhole*. O estudo do IfG que será abordado adiante, conclui: “*No entanto, o backfilling representa a forma mais segura de descartar novos eventos. Isto também se aplica às cavidades que estão atualmente no grupo de monitoramento (Grupo 4)*”. Isso traz a necessidade de rever o plano de ação para essas cavidades, reclassificando-as no Grupo 3, que prevê o *backfilling*.

No presente trabalho, será realizada uma abordagem mais detalhada em torno desse assunto, incluindo a exposição do histórico das cavidades M#03, M#15, M#20/21, M#29 e M#34, os resultados adquiridos com sonares, a análise do evento envolvendo a cavidade M#18 e as conclusões e recomendações do IfG, além da revisão do fluxograma geral de encerramento e uma nova síntese de informações com nova análise “*What if*”.

A inserção a seguir apresenta a figura com a localização das cavidades com visada em planta, classificadas de acordo com os grupos previstos no relatório protocolado sob o SEI 2153492 na ANM.

INSERÇÃO 1-3 - Localização das cavidades vistas em planta e seus respectivos grupos previstos no relatório “Consolidação dos Estudos Relativos ao Plano de Fechamento Para as Frentes de Lavra em Maceió” (2021)

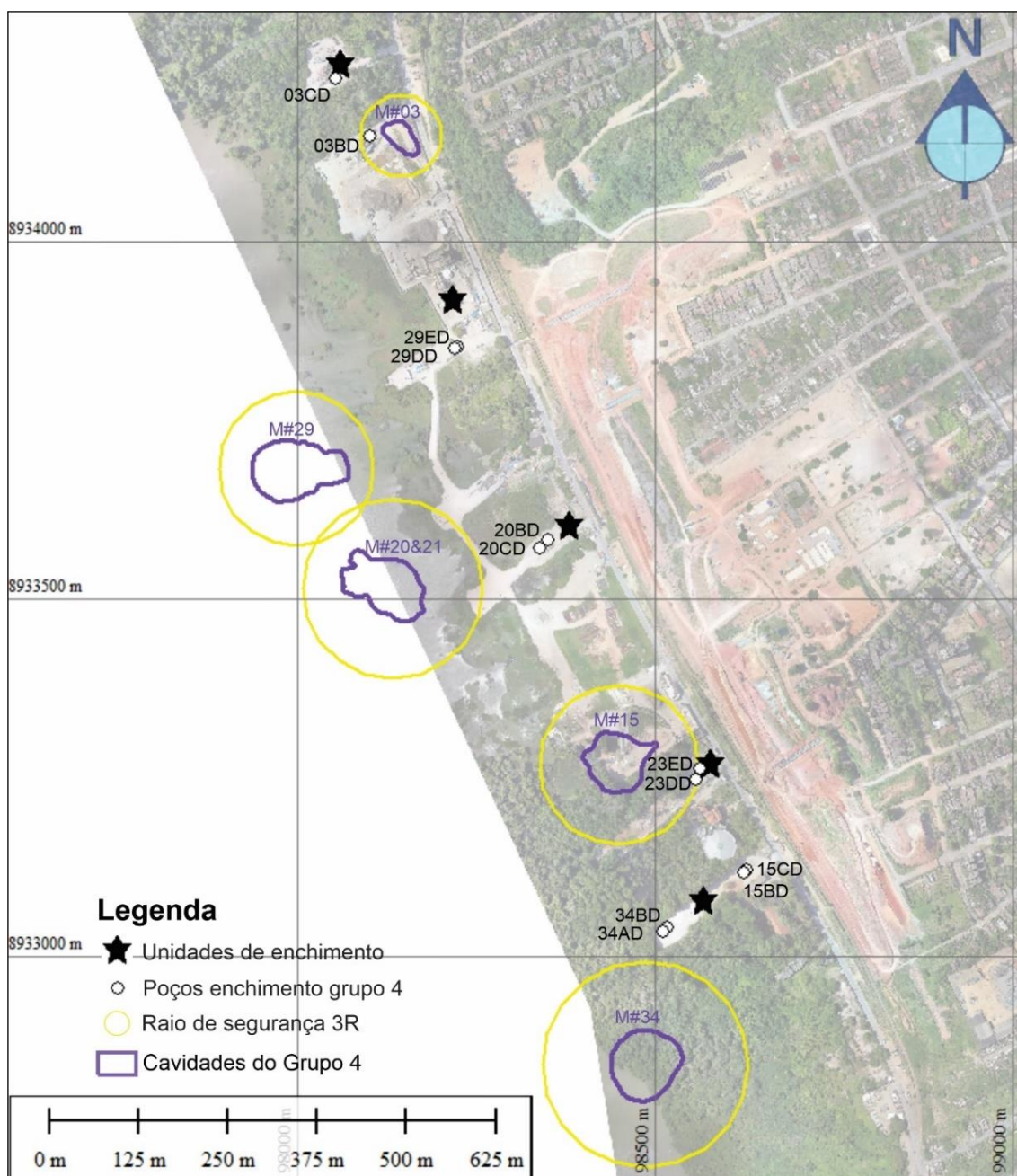


A seguir as cavidades M#03, M#15, M#20, M#21, M#29 e M#34 são apresentadas com seus respectivos raios de segurança (3R), definidos pela CPRM (2019), além dos poços que dão acesso à essas cavidades.

O relatório a seguir foi elaborado com base nas premissas da Resolução nº 68, de abril de 2021, publicada pela Agência Nacional de Mineração (ANM). Este, apresenta os componentes técnicos necessários para lastrear o planejamento da empresa, para descomissionamento das referidas frentes de lavra quando de seu fechamento definitivo.

A base de dados foi fornecida pela Braskem à equipe da Brandt Meio Ambiente, autora e responsável pelo presente documento.

INSERÇÃO 1-4 - Localização das cavidades M#03, M#15, M#20, M#21, M#29 e M#34 e seus respectivos raios de segurança (3R) e poços de acesso



2 OBJETIVOS

Apresentar o Plano de Fechamento com a reclassificação das frentes de lavra M#03, M#15, M#20/M#21, M#29 e M#34, indicando os procedimentos e parâmetros técnicos a serem desenvolvidos para o fechamento das mesmas, considerando as recomendações do IfG e os dados técnicos disponibilizados pela Braskem obtidos até o momento de elaboração deste relatório, além de cumprir com a solicitação da ANM (Ofício nº 11875/2024/GER-AL/ANM).

2.1 Objetivos Específicos

- Contextualizar o histórico e as condições atuais das frentes de lavra M#03, M#15, M#20/M#21, M#29 E M#34;
- Caracterizar as estruturas das referidas frentes de lavra sujeitas ao fechamento por *backfilling*;
- Apresentar os padrões de estabilização física e química planejadas para o período de pós fechamento;
- Identificar fatores de riscos que possam intervir na fase de fechamento em termos de serviços, obras ou custos;
- Considerar a legislação e os padrões normativos atualizados referentes ao fechamento de mina;
- Caracterizar o Programa de Monitoramento;
- Atualizar as estimativas financeiras para provisionamento das atividades necessárias para a fase de fechamento da mina.

3 METODOLOGIAS ADOTADAS

3.1 Dados Secundários Considerados

- Consolidação dos Estudos Relativos ao Plano de Fechamento Para as Frentes de Lavra em Maceió - Brandt Meio Ambiente Ltda. - novembro de 2021. (SEI 2153492)
- Cavern Field Maceió: Expert Judgement on Interpretation and Consequences of Sinkhole Process at Mine 18 - IfG - Institut für Gebirgsmechanik - março de 2024. (SEI 11982851)
- Relatório Consolidado Mensal De Fechamento Das Frentes De Lavra Referente ao Mês De Março De 2024 - Braskem S.A. - março de 2024. (SEI 12461139)

3.2 Normalização e Legislação Aplicada

O conjunto de normas e legislações que envolvem diretamente ou indiretamente os Planos de Fechamento de Minas, estão a cada dia sendo detalhados e reavaliados. O texto a seguir é uma forma descritiva de apresentar as relações da normalização relativa ao assunto, desenvolvido e adotado atualmente na Brandt Meio Ambiente.

A Constituição Federal, de 1988, definiu a obrigação, seguida pela normatização brasileira desde então, estabelecendo em seu artigo 225, parágrafo 2º, a seguinte premissa ambiental:

“Aquele que explorar recursos minerais fica obrigado a recuperar o meio ambiente degradado, de acordo com solução técnica exigida pelo órgão público competente, na forma da lei”.

A figura do Plano de Fechamento, não existia como obrigação no Brasil.

Ainda que, tanto o texto constitucional quanto a legislação ordinária, não tenham feito referência específica aos Planos de Fechamento, estes vieram a ser estabelecidos pelas Normas Regulamentadoras da Mineração (NRM). A Norma Regulamentadora da Mineração 20, recentemente alterada pela Resolução ANM nº 68 de 30 de abril de 2021, determina a obrigatoriedade de apresentação do Plano de Fechamento de Mina para todos os empreendimentos de mineração e estabelece a estrutura e o conteúdo destes planos. Conforme a referida Resolução, o:

“Plano de Fechamento de Mina - PFM é o “conjunto de procedimentos para o descomissionamento da área da mina após a atividade de mineração, envolvendo a desmobilização das estruturas provisórias de suporte às operações de lavra e beneficiamento, a estabilização física e química das estruturas permanentes e seus monitoramentos, bem como a habilitação da área para um novo aproveitamento mineral ou outro uso futuro”.

Sendo definido pela normativa como estabilidade física a “estabilidade da área minerada nos aspectos morfológico e geomecânico” e estabilidade química como sendo “estabilidade da área no aspecto termodinâmico e em equilíbrio químico com o seu ambiente”.

4 CONTEXTUALIZAÇÃO E HISTÓRICO DAS FRENTES DE LAVRA M#03, M#15, M#20, M#21, M#29 e M#34

O Grupo 4 era composto pelas Frentes de Lavra **M#03, M#15, M#20, M#21, M#29 e M#34**, que tinha a ação prevista de monitoramento via sonar, pelo fato de se encontrarem parcialmente ou completamente fora da camada geológica do sal. A seguir, as será discutido o histórico de cada uma dessas Frentes de Lavra.

4.1 Histórico da Frente de Lavra M#03

A frente de lavra M#03 está localizada na avenida Major de Góes Monteiro, no bairro de Bebedouro, em área urbana da cidade de Maceió. O acesso a essa mina é feito pelo poço de sal M#03, que é vertical. As coordenadas da cavidade são 25L UTM 198.116,58 mE e 8.934.162,42 mN (datum SIRGAS 2000), conforme detalhado no documento SEI nº 1579574, datado de 30 de julho de 2020.

Em outubro de 1967, foi perfurado o poço M#03, com uma profundidade de 1.171 metros, inicialmente para pesquisa, mas somente em 1975 foi finalizado para a produção de salmoura. A exploração da frente de lavra teve início em maio de 1976 e encerrou em agosto de 1981, após cinco anos de atividade.

No período de 1978 a 2024, foram conduzidos dezesseis exames de sonar, conforme registrado na inserção a seguir. Dos onze exames, a maioria ocorreu utilizando o poço auxiliar 03AD, devido à detecção de uma obstrução no poço original a uma profundidade de 291 metros (TVD). Os restantes quatro exames foram realizados pelo novo poço auxiliar 03BD. Os resultados obtidos entre 2019 e 2024 indicaram a presença de uma cavidade totalmente fora da camada de sal.

INSERÇÃO 4-1 - Quadro resumo dos sonares realizados na frente de lavra M#03

Data	Empresa	Topo da Caverna (m)	Profundidade da Caverna (m)	Volume da Caverna (m³)
29 mai 78	Dowell	~923	~1.008	36.447
01 nov 19	Flodim (03AD)	706,9	757,7	31.070,1
19 fev 2020	Flodim (03AD)	707,8	756,6	30.556,8
12 mai 2020	Flodim (03AD)	712,8	755,5	17.561,6
10 ago 2020	Flodim (03AD)	711,3	754,8	20.823,4
07 nov 2020	Flodim (03AD)	709,5	754,4	17.961,4
03 fev 2021	Flodim (03AD)	709,3	754,6	16.247,06
18 mai 2021	Flodim (03AD)	709,75	753,27	10.786
18 ago 2021	Flodim (03AD)	705,90	749,4	9.638,9
18 nov 2021	Flodim (03AD)	705,98	749,33	9.701
24 fev 2022	Flodim (03AD)	705,40	749,41	10.212
26 set 2022	Flodim (03BD)	702,53	746,62	26.472
10 dez 2022	Flodim (03BD)	699,1	745,8	26.197
24 mar 2023	Flodim (03BD)	698,69	744,20	25.981
05 ago 2023	Flodim (03BD)	698,71	743,82	24.800
21 fev 2024	Flodim (03BD)	695,65	743,20	24.930

Profundidades em TVD

Além disso, os exames de sonar mais recentes indicam uma migração ascendente mesmo que não muito significativa nos últimos anos. Os três últimos exames de sonar revelam que o topo da caverna teve um avanço de quase 3 metros, uma constatação que foi corroborada pela perfuração do novo poço auxiliar (03BD). Este novo poço permitiu uma visualização completa da caverna M#03, sem a detecção de zonas ocultas.

Em 21/02/2024 foi realizada uma campanha de sonar na caverna M#03 por meio do poço auxiliar 03BD (SEI 11853138, protocolado em 06/03/2024).

4.2 Histórico da Frente de Lavra M#15

A frente de lavra M#15 está situada na avenida Major de Góes Monteiro, no bairro do Mutange, região urbana de Maceió. O acesso a essa frente de escavação é realizado pelo poço de sal M#15, que é de configuração vertical. As coordenadas da caverna são 25L UTM 198448,75mE e 8.933.266,05mN (datum SIRGAS 2000), conforme registrado no documento SEI nº 1579574, datado de 30 de julho de 2020.

O poço M#15 foi perfurado em janeiro de 1989, atingindo uma profundidade de 1.129 metros. Sua utilização teve início em junho de 1992 e foi encerrada em setembro de 2000, quando as válvulas na cabeça do poço foram bloqueadas, após 8 anos de atividade.

Entre 1992 e 2024, foram conduzidos quatorze exames de sonar, apresentados na inserção a seguir, os quais indicaram a presença de uma cavidade compatível com um processo de extração até a suspensão das operações. Durante a última intervenção no poço original, em 2019, para realização do exame de sonar, não foi possível acessar a cavidade devido a um cisalhamento do revestimento de 9 5/8" detectado pela perfilagem ótica a uma profundidade de 350 metros. Esse incidente deixou a cavidade despressurizada, com o nível estático registrado em 61,67 metros em abril de 2021.

INSERÇÃO 4-2 - Quadro resumo dos sonares realizados na frente de lavra M#15

Data	Empresa	Topo da Caverna (m)	Profundidade da Caverna (m)	Volume da Caverna (m³)
28 nov 95	Sonarwire	985	1.063	93.146
15 jan 98	Sonarwire	960	1.039	154.847
25 ago 00	Sonarwire	931	1.021	237.439
20 out 19	Flodim (15AD)	894,2	986.8	210.804
23 mai 20	Flodim (15AD)	911,8	972.6	164.417
14 out 20	Flodim (15AD)	912,5	972.3	147.024
15 abr 21	Flodim (15AD)	906,5	972.3	146.109
08 Set 21	Flodim (15AD)	906,82	969,71	140.643
12 fev 22	Flodim (15AD)	905,80	969,02	143.233
30 ago 22	Flodim (15AD)	904,1	968,1	142.932
27 out 22	Flodim (15AD)	905,51	967,91	137.191
15 mar 23	Flodim (15AD)	906,0	966,7	136.991
03 ago 23	Flodim (15AD)	907,6	964,16	131.293
29 fev 24	Flodim (15AD)	906,3	963,8	130.544

Nesse contexto, foi necessário perfurar o poço auxiliar 15AD para acessar a cavidade e realizar o exame de sonar em outubro de 2019. O resultado do sonar de 2019 revelou que a cavidade estava parcialmente acima da camada salina, com seu topo a uma profundidade de 894,2 metros (TVD), cerca de 12 metros acima do topo da camada salina, localizada a 906 metros (TVD). A possibilidade de migração ascendente da cavidade, ainda que parcial, pode ter sido causada pela queda dos folhelhos acima da camada salina em direção à cavidade M#14. Diante disso, a SSO sugeriu que poderia ter ocorrido uma conexão entre a cavidade M#15 e a M#14.

No ano de 2019, além da realização do exame de sonar, foram conduzidos perfis de gama-ray, temperatura, inclinação, giroscópio e ótico no poço principal. Este último perfil identificou um cisalhamento no revestimento cimentado de 9 5/8" a uma profundidade de 350 metros. Devido aos danos constatados, será necessário realizar reparos no poço, seguidos pelo tamponamento, para evitar a formação de uma conexão hidráulica entre o poço original e a cavidade.

Em 12 de junho de 2020, conforme documento protocolado sob o número SEI 1424719, foi proposto um plano operacional para essa frente de lavra. Esse plano recomenda a realização periódica de monitoramento por sonar para uma futura avaliação da evolução da cavidade. O plano foi aprovado por esta agência, conforme registrado no Ofício número 6808/2021.

Em 29/02/2024 foi realizada uma campanha de sonar na cavidade M#15 por meio do poço 15AD. Conforme relatório preliminar (*field*) do exame de sonar (SEI 11853137, protocolado em 06/03/2024). Os três últimos exames de sonar realizados indicam pouca variação na posição do teto.

4.3 Histórico da Frente de Lavra Conjugada M#20/M#21

A frente de lavra M#20D encontra-se situada na avenida Major de Góes Monteiro, no bairro do Mutange, área urbana da cidade de Maceió. O acesso original a esta frente de lavra foi realizado por meio do poço de sal M#20D, o qual é de natureza direcional. As coordenadas da cavidade são 25L UTM 198.107,3 mE e 8.933.566,24 mN (datum SIRGAS 2000), conforme registrado no documento SEI nº 1579574, datado de 30 de julho de 2020.

O poço M#20D foi construído em fevereiro de 1989, com uma profundidade de 1.254 metros. Sua operação teve início em agosto do mesmo ano e foi desativado em janeiro de 2008, por meio do bloqueio das válvulas na cabeça do poço, após 19 anos de atividade.

Entre os anos de 1989 e 2024, foram conduzidos dezoito exames de sonar, conforme apresentado na inserção a seguir, os quais revelaram um processo de lavra ascendente consistente com a atividade de mineração, até a suspensão de sua operação.

Por sua vez, a frente de lavra M#21D está localizada na avenida Major de Góes Monteiro, no bairro do Mutange, área urbana de Maceió. O acesso a essa frente de lavra é feito pelo poço de sal M#21D, que é de tipo direcional. As coordenadas da cavidade são 25L UTM 198.149,30 mE e 8.933.460,24 mN (datum SIRGAS 2000), conforme o documento SEI nº 1579574, de 30 de julho de 2020.

O poço M#21D foi construído em novembro de 1988, com 1.250 metros de profundidade. Sua operação teve início em agosto de 1989 e foi desativado em janeiro de 2008, por meio do bloqueio das válvulas na cabeça do poço, após 19 anos de operação.

INSERÇÃO 4-3 - Quadro resumo dos sonares realizados na frente de lavra conjugada M#20/M#21

Data	Empresa	Topo da cavidade (m)	Profundidade da cavidade (m)	Volume da Cavidade (m³)
20/nov/95	Sonarwire	1.065	1.115	75.339
30/jan/98	Sonarwire	1044	1104	125.556
02/set/00	Sonarwire	1.005	1.097	200.199
25/mai/02	Sonarwire	976	1090	383.605 ⁽³⁾
13/ago/03	Sonarwire	966	1.079	538.521 ⁽³⁾
22/ago/04	Sonarwire	952	1064	611.705 ⁽³⁾
13/out/05	Sonarwire	935	1.057	731.881 ⁽³⁾
28/jun/19	Flodim	879	941	279.222 ⁽³⁾
02/mar/20	Flodim	855	942	401.451 ⁽³⁾
03/set/20	Flodim	841	942	355.100 ⁽³⁾
03/abr/21	Flodim	868,1	956,5	277.165 ⁽³⁾
22/mar/22	Flodim (20AD)	740,5 ⁽¹⁾	917,24 ⁽²⁾	390.186 ⁽³⁾
21/ago/22	Flodim (20AD)	737,8 ⁽¹⁾	907,4 ⁽²⁾	381.941 ⁽³⁾
19/nov/22	Flodim (20AD)	736,9 ⁽¹⁾	902,1 ⁽²⁾	364.026 ⁽³⁾
27/jan/23	Flodim (20AD)	736,5 ⁽¹⁾	897,0 ⁽²⁾	362.891 ⁽³⁾
26/abr/23	Flodim (20AD)	734,2 ⁽¹⁾	888,5 ⁽²⁾	351.420 ⁽³⁾
20/jul/23	Flodim (20AD)	731,73 ⁽¹⁾	860,1 ⁽²⁾	346.635 ⁽³⁾
01/nov/23	Flodim (20AD)	728,10 ⁽¹⁾	847,44 ⁽²⁾	344.132 ⁽³⁾
20/jan/24	Flodim (20AD)	723,78 ⁽¹⁾	844,78 ⁽²⁾	340.297 ⁽³⁾

Durante a aquisição dos dados do sonar, realizada em abril de 2021, foi identificado um desvio na sapata que impediu o acesso pleno à cavidade, resultando em uma limitação da visão do teto. Essa observação revelou que o topo da cavidade estava mais profundo em comparação com a leitura anterior. Essa situação pode ter sido causada pela incapacidade da ferramenta do sonar de visualizar a cavidade em sua totalidade.

Entre 30 de março e 2 de abril de 2021, uma operação especial foi conduzida no poço M#20D com a ferramenta "*casing impact*" de 4 ¾", visando restabelecer o acesso à cavidade M#20. O acesso foi restabelecido com sucesso em na mesma data, permitindo o exame de sonar.

No segundo semestre de 2021, uma nova obstrução impossibilitou outro sonar. Entre fevereiro e março de 2022, um poço auxiliar foi perfurado para resolver a limitação de acesso à frente de lavra M#20D. Em 22 de março de 2022, através do poço auxiliar 20AD, a cavidade conjugada M#20D/21D foi visualizada, levando a Braskem a apresentar um único relatório de sonar.

Os exames de sonar feitos em março, agosto e novembro de 2022 proporcionaram uma visualização aprimorada da cavidade conjugada M#20D/21D. Devido ao fato desses relatórios a cavidade conjugada foi revelando um aumento de volume em comparação com relatórios anteriores, quando eram abordadas de maneira individual as cavidades M#20D e M#21D.

Durante o sonar realizado em 01 de novembro de 2023 pelo poço 20AD, com versão final protocolada em 13/11/2023 (SEI nº 10138464), foi identificado que o topo da cavidade conjugada M#20D/21D está localizado a 728,10 metros de profundidade (TVD), posicionando o teto da cavidade conjugada a 135,90 metros acima do topo da camada salina, situada a 864 metros de profundidade (TVD). Essa cavidade conjugada está completamente fora da camada salina.

Apesar da campanha de sonar recente na cavidade conjugada M#20D/21D, realizada em 01/11/2023 pelo poço 20AD, ocorrida antes do colapso da cavidade M#18, foi considerada a necessidade de repetir o exame de sonar dessa cavidade conjugada, uma vez que essa região passa a ser um *cluster* crítico devido à sua proximidade com a cavidade M#18 e os efeitos que esse evento pode ter causado no meio geológico. Foi elaborado um Plano Executivo para o novo exame de sonar na cavidade conjugada M#20D/21D após o incidente com a cavidade M#18, compartilhado com esta Agência por meio do SEI (10845713).

Em 20/01/2024 foi realizada uma campanha de sonar na cavidade conjugada M#20/21. Conforme consta no relatório preliminar de campo (field) (SEI 11137840) bem como no relatório final do exame de sonar realizado (SEI 11332149), protocolados junto à ANM. Verificou-se que o poço de acesso à cavidade conjugada M#20/21 se encontra íntegro e que a geometria da cavidade conjugada não apresenta alterações significativas, mantendo-se o comportamento dinâmico já observado nos sonares anteriores.

4.4 Histórico da Frente de Lavra M#29

A frente de lavra M#29D está localizada na avenida Major de Góes Monteiro, no bairro do Mutange, área urbana de Maceió. O acesso à frente de mineração é feito pelo poço de sal M#29D, que é direcional. As coordenadas exatas da cavidade são 25L UTM 197.985,06 mE e 8.933.687,54 mN (datum SIRGAS 2000), conforme documento SEI nº 1579574, datado de 30 de julho de 2020.

O poço M#29D foi perfurado em novembro de 2006, atingindo uma profundidade de 1.250 metros. Sua operação começou em abril de 2009 e foi encerrada em janeiro de 2018, após nove anos de atividade, mediante o fechamento das válvulas na cabeça do poço.

O exame de sonar conduzido em 2019 revelou a presença de uma cavidade, cujo ponto mais alto se encontra a uma profundidade de 855 metros (TVD), cerca de 9,558 metros acima do topo da camada de sal, situada a 863 metros (TVD), conforme detalhado no Relatório Analítico dos Sonares (documento SEI nº 1579561 de 30.07.2020). Como resultado dessa descoberta, a SSO recomendou um monitoramento periódico da cavidade por meio de sonar, a fim de realizar novas avaliações para determinar a melhor abordagem para o seu fechamento, medida essa aprovada pelo ofício 6808/2021. Devido às deformações progressivas no revestimento de 7", foi necessário intervir no poço em agosto de 2020, utilizando ferramentas especializadas para restaurar o acesso à cavidade pelo poço original. O sucesso dessa intervenção permitiu a realização do 5º e 6º exames de sonar na frente de lavra.

Foram conduzidos treze exames de sonar entre os anos de 2006 e 2023, conforme apresentado na inserção a seguir, revelando a existência de uma cavidade parcialmente localizada fora da camada salina. No exame de sonar realizado em 18 de maio de 2023 (documento SEI nº 7615115), como já se sabia, foi confirmada a presença de uma cavidade, com seu ponto mais alto situado a uma profundidade de 847,3 metros (TVD), aproximadamente 15,7 metros acima do topo da camada de sal, posicionada a 863 metros (TVD). Nesse exame específico, foram detectadas áreas ocultas no topo da cavidade.

INSERÇÃO 4-4 - Quadro resumo dos sonares realizados na frente de lavra M#29

<i>Data</i>	<i>Empresa</i>	Topo da cavidade (m TVD)	Profundidade da cavidade (m TVD)	Volume da Cavidade (m³)
26/mai/10	Sonarwire	994	1.024	7.099
28/mai/12	Sonarwire	971	985	23.901
20/out/14	Flodim	903	971	117.255
19/ago/19	Flodim	855	956	246.354
12/ago/20	Flodim ⁽¹⁾	855,46	944,99	233.831
04/fev/21	Flodim ⁽¹⁾	853,77	941,31	221.753
27/nov/21	Flodim ⁽¹⁾	852,34	940,64	202.346
31/mar/22	Flodim ⁽¹⁾	853,45	938,72	183.210
25/set/22	Flodim ⁽¹⁾	847,7	937,0	184.266
26/dez/22	Flodim ⁽¹⁾	848,03	936,29	184.409
27/mar/23	Flodim ⁽¹⁾	848,4	935,6	201.605
18/mai/23	Flodim ⁽¹⁾	847,3	934,0	185.369
19/nov/23	Flodim ⁽¹⁾	842,58	933,29	178.054

Como mencionado anteriormente, a detecção de áreas ocultas não implica automaticamente na necessidade de medidas de mitigação. É crucial considerar outras informações da frente de lavra para avaliar essa situação, como a pressurização, a posição da cavidade em relação ao topo do sal e a localização da zona oculta, entre outros aspectos.

O colapso da 18 submergiu o poço da 29, sendo necessária a construção de um novo poço para acessar a cavidade e realizar o sonar. Essa fase está em planejamento.

4.5 Histórico da Frente de Lavra M#34

A frente de lavra M#34D está posicionada na avenida Major de Góes Monteiro, no bairro Mutange, área urbana de Maceió. O acesso a essa frente de extração é feito pelo poço M#34D, de caráter direcional. A cavidade está situada nas coordenadas 25L UTM 197.912,82 mE e 8.934.164,71 mN, conforme documento SEI nº 1579574, datado de 30 de julho de 2020.

O poço M#34D foi perfurado em outubro de 2010, atingindo uma profundidade de 1.143,36 metros. Sua operação teve início em setembro de 2011 e foi encerrada em março de 2019, após 8 anos de atividade, mediante o bloqueio das válvulas na cabeça do poço. Considerando esse contexto, a SSO recomendou o monitoramento regular da cavidade por meio de sonar, visando novas avaliações para determinar a melhor abordagem para o seu fechamento. Essa recomendação foi aprovada por meio do ofício 6808/2021.

Após examinar os resultados dos sonares entre os anos de 2019 e 2022, constata-se um leve deslocamento ascendente do topo da cavidade. Esse movimento ascendente registrado durante esse período pode estar associado à desagregação das rochas do Membro Tabuleiro dos Martins, considerando que parte da cavidade está inserida na camada salina. Além disso, a diminuição do volume identificada nos últimos sonares pode ser explicada pelo inchaço das camadas superiores.

Foram conduzidos onze exames de sonar entre os anos de 2011 e 2023, conforme apresentado na inserção a seguir, os quais demonstraram a existência de uma cavidade com pressão, embora parcialmente localizada fora da camada salina, conforme previamente observado.

INSERÇÃO 4-5 - Quadro resumo dos sonares realizados na frente de lavra M#34

Data	Empresa	Topo da cavidade (m)	Profundidade da cavidade	Volume da Caverna
		TVD	TVD	(m³)
03/set/13	Flodim	965,87	1.048	76.328
11/out/14	Flodim	952,87	1.049	149.571
10/set/15	Flodim	945,87	1.046	203.543
07/mar/19	Flodim	899,87	1.024	404.767
19/mai/20	Flodim	909,50	1.021	383.319
29/nov/20	Flodim	893,78	1.020,73	388.987
24/mai/21	Flodim	893,78	1.020,47	387.234
23/out/21	Flodim	892,99	1.021,22	394.129
20/set/22	Flodim	891,9	1.021,3	390.868
31/mar/23	Flodim	889,4	1020,5	385.877
31/ago/23	Flodim	889,2	1020,4	383.673
31/03/24	Flodim	889,14	1019,74	380.301

5 CONTEXTUALIZAÇÃO DO EVENTO DE COLAPSO DA FRENTE DE LAVRA M#18

A partir do dia 06/11/2023, uma quantidade considerável de eventos microssísmicos atípicos ocorreu com concentração na área da cavidade 18 e em profundidades variando principalmente entre 600 a 800 m.

Houve tentativas de realização de sonar, conforme comunicado à ANM através do SEI nº 10340765. Entretanto, a fase de execução do sonar adicional pelo poço 18AD não foi possível devido ao início dos registros de atividades microssísmicas em 06/11/2023. Em resposta, as atividades nas proximidades da Planta de Enchimento foram interrompidas e os funcionários e contratados foram retirados preventivamente, conforme comunicado por e-mail enviado à ANM em 07.11.2023.

Após a fase inicial dos eventos microssísmicos, que perduraram de 06/11/2023 a 08/11/2023, os registros de microssismos voltaram ao estado normal, conforme comunicado enviado a esta Agência por e-mail em 10/11/2023. Com a normalização da situação dos registros de microssismos, as atividades voltaram ao normal e a realização do sonar pelo poço 18AD foi reiniciada. No dia 10/11/2023, foi observado que o revestimento de 7" estava travado, apesar de se tratar de um poço recentemente construído.

A segunda fase de eventos microssísmicos ocorreu entre 20 a 23/11/2023, com uma nova concentração de eventos na região da cavidade 18 em profundidades por volta de 400 m, além disso, piezômetros de cavidades próximas apresentaram leve pressurização.

O movimento do solo foi perceptível em superfície a partir do dia 21/11/2023, por meio de 5 sensores DGPS localizados no entorno da cavidade M#18. A pressurização passou a registrar um aumento de forma mais significativa. Em resposta a esses eventos registrados, a Braskem isolou a área de segurança da cavidade 18, em 23/11/2023, com barreiras físicas e paralisou as atividades na área.

No dia 28/11/2023 o movimento em superfície começa a acelerar e sismos com magnitude acima de 1 MI ocorreram na região da lagoa. Com isso, a área de operações foi completamente isolada, e a Braskem paralisou todas as atividades.

O pico de velocidade de movimento em superfície, registrado em cerca de 2cm/h na média de 24 horas, ocorreu em 29/11/2023 e fissuras no solo começam a ser vistas pelas imagens de drone desde então.

Uma desaceleração no movimento em superfície foi observada no período de 30/11/2023 a 08/12/2023. A taxa de eventos microssísmicos, em geral, entrou em nível de normalidade, sem eventos com magnitude acima de 1 MI desde 28/11/2023.

Novamente a aceleração do movimento de superfície foi observada no dia 09/12/2023, atingindo a velocidade de 0,8cm/h durante 24 horas. Dados de sismicidade não apresentaram grandes variações, porém, a velocidade aumentou significativamente por volta de 12:00h do dia 10/12/2023 e a formação de um *sinkhole* foi percebida às 13.15h.

O colapso da cavidade M#18 ficou marcado pela perda de sinal, ocorrida as 14:42h do dia 10/12/2023, do DGPS que se encontrava mais próximo e monitorava o deslocamento vertical.

A inserção a seguir apresenta imagens aéreas do antes e depois do colapso da cavidade frente de lavra M#18.

INSERÇÃO 5-1 - Antes e depois M#18. A) Cenário antes do colapso da cavidade da frente de lavra M#18 B) Cenário após o colapso da cavidade da frente de lavra M#18



5.1 Interpretação e Consequências do Colapso da Frente de Lavra M#18

Em 14 de março de 2024 foi protocolado na ANM via SEI: 11982851, o relatório de “Interpretação e Consequências do Processo de Colapso da Frente de Lavra M#18” pela consultoria especializada da Alemanha IfG (Institut für Gebirgsmechanik GmbH). O trabalho mencionado traz uma discussão baseada em análises e testes de laboratório, realizados anteriormente em outros estudos executados pela mesma consultoria, nos dados disponíveis e em simulações numéricas preliminares. Na ocasião a consultoria interpretou que o *sinkhole* formado pelo colapso da frente de lavra M#18 ocorreu pelo deslizamento de blocos em sua cobertura e concluiu exatamente o que é mencionado a seguir:

“Nesta nota técnica, apresentamos nossa primeira avaliação do processo de formação de sinkholes na Mina 18, no campo de cavernas de Maceió, com base nos dados disponíveis e em simulações numéricas preliminares.

A interpretação mais provável é que um sinkhole foi formado pelo deslizamento de blocos na camada superior. Este mecanismo é geomecanicamente plausível em relação às propriedades mecânicas das rochas de camada superior, ao estado de tensão e à pressão do fluido. É consistente com o padrão de atividade sísmica e de deformação superficial. Finalmente, está de acordo com investigações numéricas descontínuas anteriores (Institut für Gebirgsmechanik GmbH 2021a; Institut für Gebirgsmechanik GmbH 2021b).

É provável que todo o espaço relevante da cavidade na Mina 18 tenha sido preenchido. O IfG não espera mais deformações significativas acima da Mina 18. Provavelmente, tentar localizar os espaços vazios restantes não será eficiente. Análises sísmicas de poços cruzados (tomografia sísmica crosswell) podem confirmar o preenchimento da cavidade. Recomendamos manter o raio de segurança em torno da Mina 18 no lugar, de forma conservadora.

A rede microssísmica provou ser uma ferramenta muito valiosa para fornecer aviso prévio antes do sinkhole e monitorar os processos de fratura na camada superior. O padrão característico de deformações superficiais fortaleceu a interpretação das observações antes mesmo da formação do sinkhole; observa-se, entretanto, que as deformações superficiais não seriam observáveis nas cavidades sob a lagoa.

Recomendamos continuar o programa de monitorização, com especial atenção ao aglomerado central de cavernas. A formação do sinkhole é um processo fortemente localizado, que não envolve o colapso de pilares e não se espera que conduza a colapsos de cavernas com efeito dominó. No entanto, o processo alterou o estado de tensão e a pressão do fluido na camada superior localmente e, possivelmente, regionalmente. Assim, a suscetibilidade de outras cavernas à formação de sinkholes provavelmente aumentou. Simulações preliminares mostram uma diminuição da tensão horizontal e um aumento da pressão dos poros acima de outras cavernas, principalmente acima da Mina 20/21. É possível que potenciais futuros eventos de sinkholes tenham um tempo de alerta mais curto entre os primeiros eventos sísmicos e a formação do sinkhole propriamente dito. Simulações descontínuas hidromecanicamente acopladas para reproduzir a formação do sinkhole e para melhor avaliar a evolução futura estão atualmente em andamento.

As minas preenchidas nas proximidades permaneceram estáveis. Assim, o objetivo principal do backfilling foi alcançado. Por outro lado, é possível que as atividades de backfilling tenham contribuído para o aumento da pressão do fluido na camada superior, substituindo a água doce por salmoura e introduzindo sobrepressões durante a injeção do backfilling. Aconselha-se monitorar a pressão da caverna durante o processo de backfilling e minimizar as sobrepressões, por exemplo, controlando a taxa de retirada.

Devido à natureza localizada do processo, os efeitos da formação de sinkholes nas regiões externas da bacia de subsidência são plausivelmente pequenos. Vale ressaltar que o sinkhole não causou danos a pessoas, apenas pequenos danos materiais.

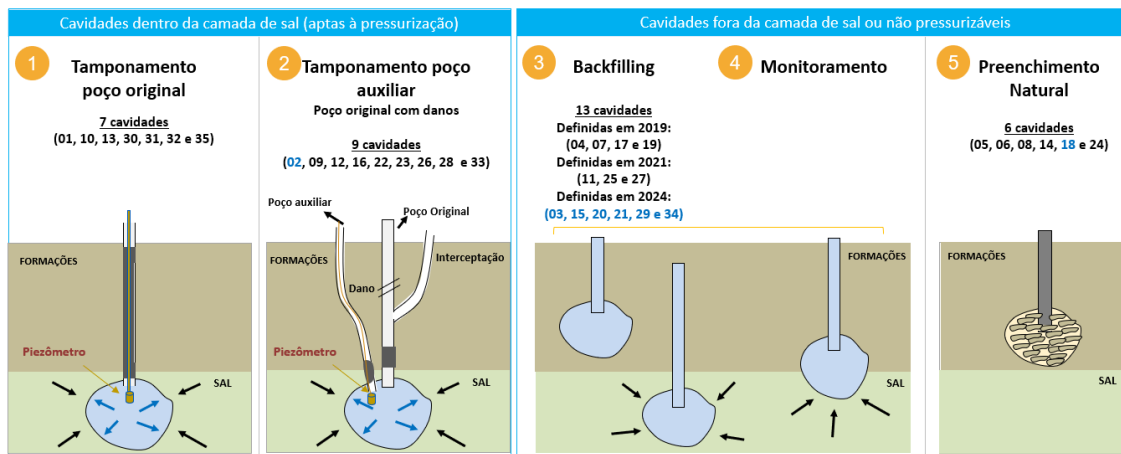
Os raios de segurança e o sistema de alerta sísmico indicam que potenciais futuros sinkholes apresentam um risco administrável. No entanto, o backfilling representa a forma mais segura de descartar novos eventos. Isto também se aplica às cavidades que estão atualmente no grupo de "monitoramento". Recomendamos considerar os resultados da modelagem em andamento para determinar as prioridades de backfilling. Entretanto, recomendamos a continuação das atuais atividades de backfilling (Minas 25 e 27)."

6 SITUAÇÃO ATUAL DAS FRENTES DE LAVRA M#03, M#15, M#20/M#21, M#29 e M#34

Em vista do evento envolvendo a formação de “*sinkhole*” da frente de lavra M#18 e recomendações do IfG mencionadas anteriormente, torna-se pertinente a atualização do Plano de Fechamento, contemplando a reclassificação do fechamento das frentes de lavra M#03, M#15, M#20/M#21, M#29 e M#34, assim como do fluxograma de fechamento das frentes de lavra (“*what if*”).

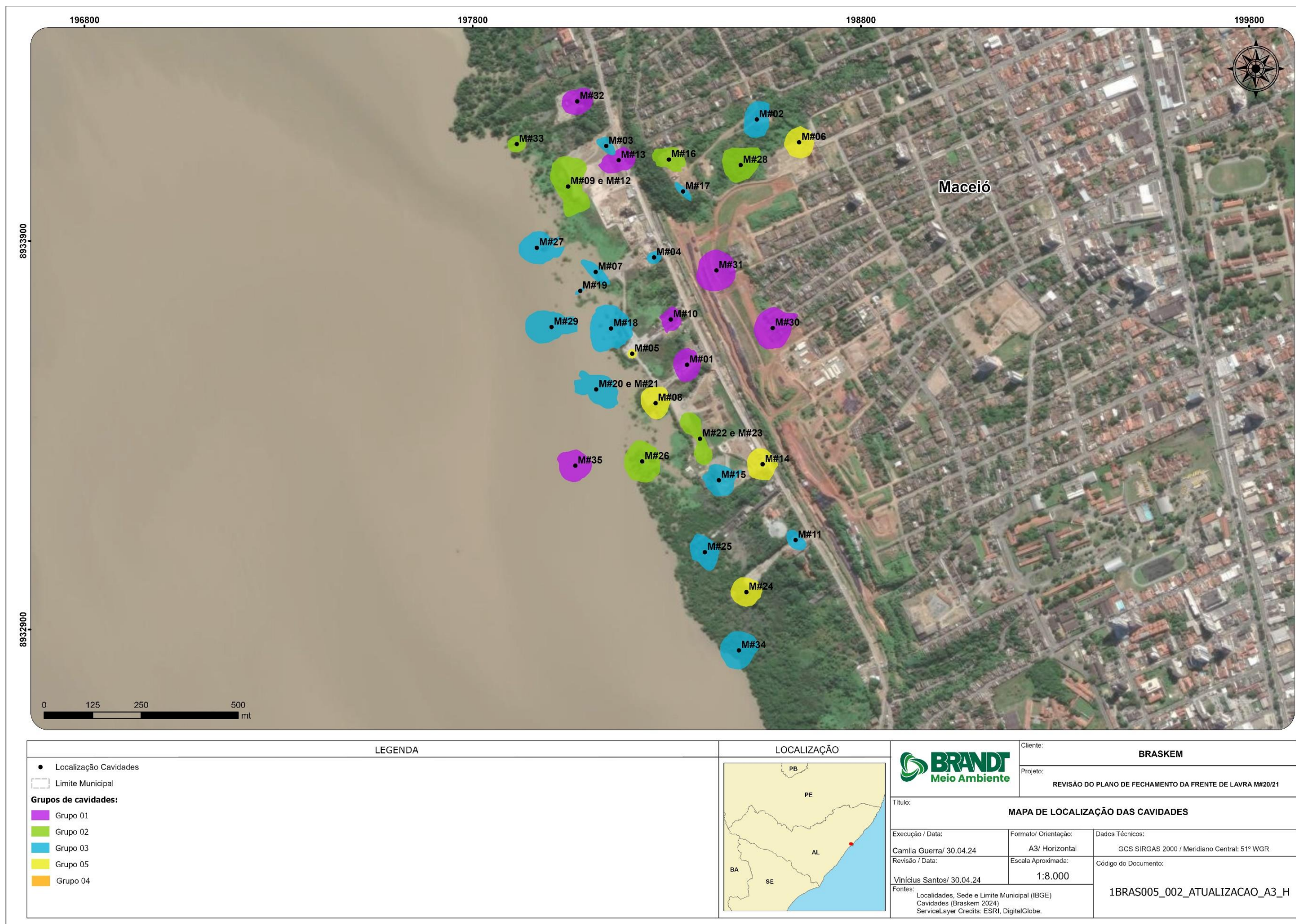
A inserção a seguir apresenta um esquema ilustrativo atualizado dos grupos de cavidades. A cavidade M#18 está aguardando estudos geofísicos para confirmação do autopreenchimento.

INSERÇÃO 6-1 - Esquema ilustrativo apresentado as cavidades e seus respectivos grupos e planos de ação atualizados



A inserção a seguir traz a figura com a localização das cavidades com visada em planta, com as cavidades reclassificadas.

INSERÇÃO 6-2 - Localização das cavidades vistas em planta e seus respectivos grupos atuais, incluindo as cavidades reclassificadas

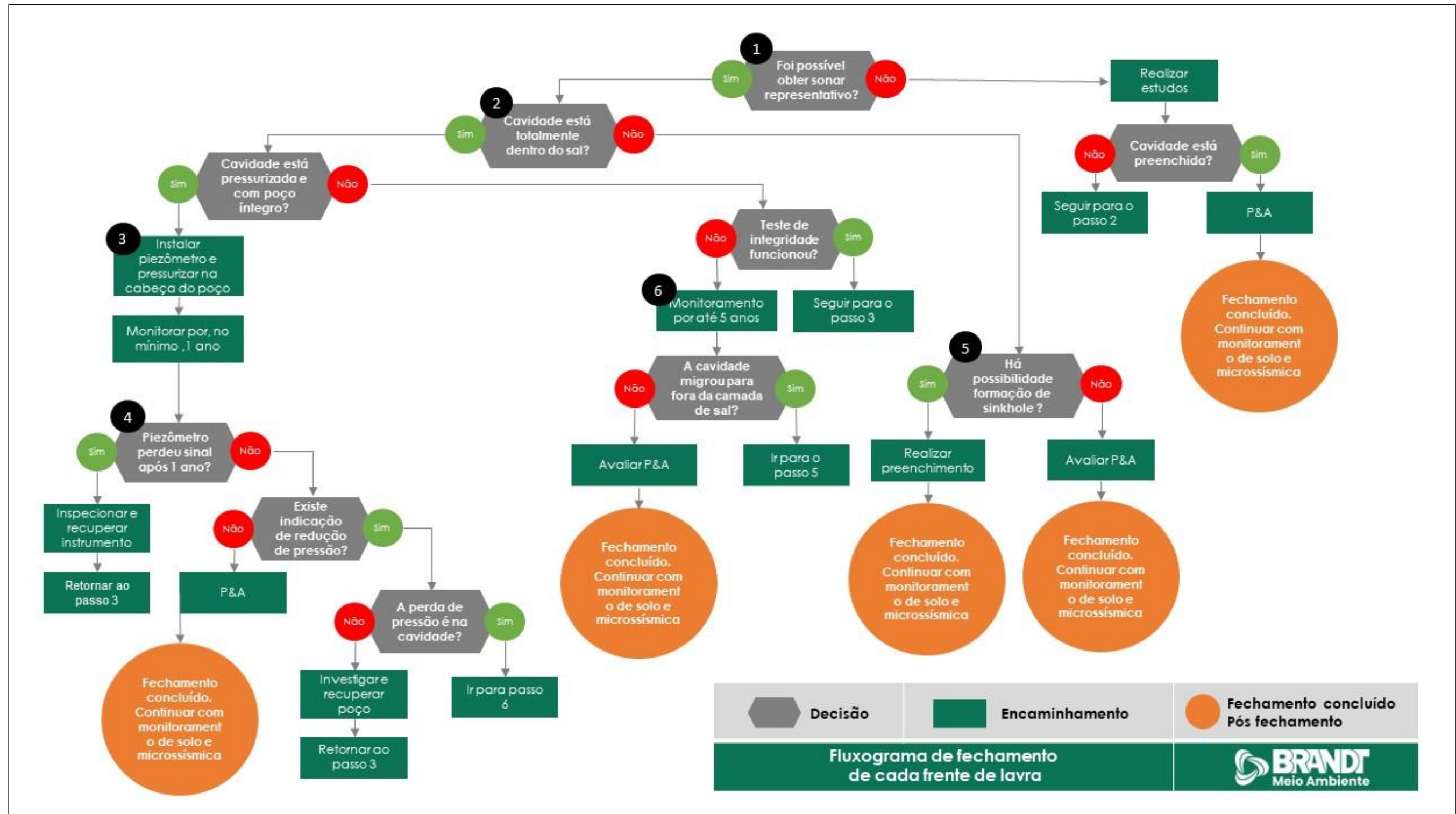


6.1 Atualização do Fluxograma de Fechamento de Frentes de Lavra

O fluxograma de fechamento das frentes de lavra é uma ferramenta que auxilia na tomada de decisões baseado na metodologia “*What if*”, que conta com operadores lógicos de decisões e encaminhamentos que levam a conclusões, seja pelo preenchimento ou por ações de monitoramento.

Como o IfG entende que o *backfilling* representa a forma mais segura de descartar novos eventos de *sinkhole* das cavidades M#03, M#15, M#20/M#21, M#29 e M#34, a Braskem se viu na necessidade de atualizar o fluxograma de preenchimento das frentes de lavra, com intuito de reestabelecer caminhos lógicos à essa tomada de decisões que levem à ações mais assertivas e seguras para evitar a ocorrência de novos eventos como esse. Com isso, foi gerado um novo fluxograma de fechamento, onde a principal mudança foi na tomada de decisão em relação a cavidades que não se encontram completamente dentro da camada de sal, que agora serão encaminhadas para uma tomada de decisão que indicará o *backfilling*, se identificada a possibilidade da formação de *sinkhole*.

INSERÇÃO 6-3 - Fluxograma de fechamento das frentes de lavra atualizado



6.2 Escopo de Fechamento das Frentes de Lavra M#03, M#15, M#20/M#21, M#29 E M#34

Para aplicação da técnica de enchimento, cada uma das frentes deve dispor da infraestrutura de poços adequada para a injeção da polpa e bombeamento da salmoura. O preenchimento visa alcançar a estabilização física da área em relação às cavidades das frentes de lavra M#03, M#15, M#20/M#21, M#29 e M#34.

Para operação de *backfilling* nas cavidades do antigo grupo 4 serão utilizados 10 poços. O material utilizado no preenchimento consiste em uma mistura de areia com salmoura, gerando uma espécie de líquido fluidizante.

Um controle da composição química da areia e interação com o líquido fluidizante é realizado periodicamente, a partir de amostras de areia em pátios de armazenamento da Braskem, amostras de salmoura e amostras de líquido fluidizante (mistura das duas matrizes anteriores), durante a operação do *backfilling*.

Como medida de monitoramento operacional, durante o preenchimento da cavidade, serão realizados sonares. Essa medida de controle serve para aquisição do volume remanescente da cavidade durante o preenchimento. Isso permite avaliar a efetividade do processo e quando seria atingido a taxa de preenchimento esperada.

Até então, os exames de sonar eram realizados a cada 50.000 m³ de volume de areia injetado ou a cada 6 meses, o que ocorrer primeiro. No entanto, com a evolução do processo de enchimento, que resultou em redução no tempo da atividade, é entendido que os exames de sonar podem ser realizados, a depender do volume da cavidade e da velocidade de enchimento, em uma faixa de 50.000 m³ a 100.000 m³ de volume de material injetado, ou a cada seis meses, o que vier primeiro. Com o fim dessa etapa, pretende-se atingir uma melhoria na estabilização física das cavidades para fechamento das mesmas.

Após finalizado o enchimento das cavidades, os poços deverão passar pelo processo de P&A (*Plug and Abandonment*). O P&A dos poços consiste num conjunto de ações que permitem o fechamento permanente dos poços utilizados no processo, tendo como principal objetivo a manutenção do isolamento dos aquíferos prevenindo a migração de fluídos através ou entre os aquíferos, com o intuito de alcançar a estabilização química. Na região alvo de estudo os aquíferos se estendem entre 180 e 400 m de profundidade.

O primeiro passo do P&A consiste na aplicação de uma barreira física com a maior proximidade possível do topo da cavidade estendendo-se no máximo até 25 m acima do último revestimento cimentado. Após checar o topo do tampão, um CBL/VDL pressurizado deverá ser realizado caso não tenha sido contemplado na etapa de perfuração ou inspeção. Caso o resultado do CBL/VDL demonstre boa cimentação entre os revestimentos, então múltiplos tampões com espessura média de 200 m são aplicados até a superfície. Caso o resultado do CBL/VDL não demonstre boa cimentação, então as tentativas de corte e squeeze de cimento pelo anular devem ser aplicadas e os perfis repetidos até que sejam aprovados ou que seja atingido a condição de ALARP (*As Low As Reasonably Practicable*).

7 FASE DE PÓS-FECHAMENTO

A fase de pós-fechamento se inicia após cada tarefa de fechamento executada. O período de pós-fechamento terá duração até que os parâmetros de estabilidade física, química, recuperação de áreas degradadas e sociais estiverem devidamente executados. Ainda não existe um prazo estipulado para o monitoramento após o fechamento de todas as atividades relacionadas às frentes de lavra da Braskem.

7.1 Monitoramento de Estabilidade Física do Solo

A BRASKEM vem executando um programa de monitoramento, com base no estado da arte para os aspectos locais envolvendo as geociências. Trata-se de um conjunto integrado de monitoramento que é praticado sobre as áreas envolvendo as frentes de lavra da BRASKEM. Os resultados desses monitoramentos servem como indicadores do grau de estabilidade do solo, inclusive em função do pós-fechamento.

O monitoramento, na fase de pós-fechamento dessas frentes de lavra, inclui os seguintes passos, já praticados localmente:

- Monitoramento da subsidência por DGPS e tiltímetro;
- Monitoramento da subsidência por topografia tradicional;
- Monitoramento da subsidência por interferometria;
- Monitoramento por microssísmica;
- Monitoramento por inclinômetro;
- Interpretação das informações integradas de DPGS, interferometria e topografia.

Os dados colhidos pelos diversos métodos de monitoramento são consolidados em um relatório mensal, enviado à ANM regularmente.

É importante frisar que o monitoramento microssísmico permitirá identificar eventuais movimentações de subsuperfície. Caso ocorra quaisquer indicações de anomalia, serão avaliadas e adotadas medidas de verificação e controle.

30



7.1.1 Sistema DGPS

Atualmente o sistema de monitoramento por DGPS consiste em 73 antenas de Sistema Global de Navegação por Satélite e três bases localizadas fora da região de movimentação, em duas unidades da Braskem (PVC e Cloro-Soda) e na base do Exército em Maceió. Esses equipamentos (76) captam informações de deslocamento vertical e horizontal, sendo que o deslocamento horizontal se divide em duas componentes: Norte-Sul (dN) e Leste-Oeste (dE).

São utilizadas antenas AG-25 e Trimble Zephyr 3 Geodetic, com receptores NetR9 Ti-m (rover), NetR9 Ti-3 e Alloy.

Existem dois tipos de instalação para suportar as antenas. O primeiro consiste em tripés metálicos, com 2 a 5 m de altura, e bases de concreto. O outro tipo de suporte se trata de poste único com 7 m de altura engastado com 2 m em sapata de concreto rígido. O segundo tipo de instalação posiciona a antena a 5 m acima do nível do solo, onde não é necessário o tripé, reduzindo a área ocupada pelo equipamento e o tempo de instalação, além de manter a qualidade do sistema.

INSERÇÃO 7-2 - Antenas de DGPS



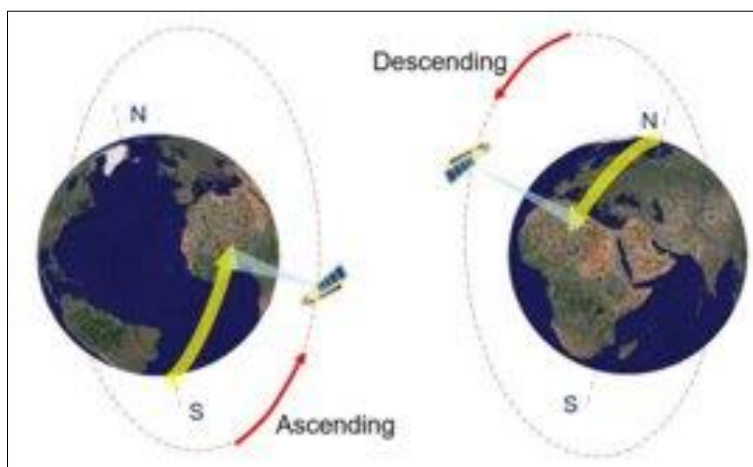
O acompanhamento dos dados é feito através da plataforma T4D, que utiliza dados RTK (Real Time Kinematic), pós-processado de 1h e 12 horas.

7.1.2 Interferometria

O monitoramento da subsidência por interferometria ou Interferometric Synthetic Aperture Radar (INSAR), utiliza o processamento de imagens de radar de alta resolução, captada pelo satélite TerraSAR-X, para analisar o deslocamento do solo, numa área de aproximadamente 18,6 km².

Os dados contemplam as trajetórias ascendente (Sul-Norte) e descendente (Norte-Sul) dos satélites. Os dados ascendentes foram obtidos desde 2004, enquanto os dados descendentes, e a possibilidade de decomposição do movimento (Vertical x Leste-Oeste), foram possíveis desde junho/2019.

INSERÇÃO 7-3 - Trajetórias (ascendentes e descendentes) dos satélites



Os dados coletados podem ser visualizados a partir da plataforma WEB disponibilizada pela TRE-Altamira. Nela é possível observar e realizar o download de dados decompostos e das trajetórias ascendente e descendente, além de verificar valores de deslocamento acumulado, velocidade e aceleração em janelas anuais.

7.1.3 Topografia tradicional

A Topografia tradicional é realizada pelo monitoramento trimestral de 23 marcos topográficos de superfície, utilizando a técnica do Nivelamento Geométrico, onde o resultado do monitoramento é composto pela referência vertical para cálculo do deslocamento, além do posicionamento geográfico atualizado de cada marco. Os marcos atuais são monitorados desde junho/2019.

INSERÇÃO 7-4 - Monitoramento por topografia tradicional



O monitoramento do deslocamento horizontal se dá por meio do transporte de coordenadas, utilizando a tecnologia de receptores GNSS (Global Navigation Satellite System), comum na maioria dos levantamentos topográficos e/ou geodésicos. São consideradas duas linhas de base, a rede ativa do IBGE (RBMC ALMA) e o marco oficial da Braskem (BK01), que se encontra em uma estrutura fixa de concreto próxima à linha férrea do VLT de Maceió, na Avenida Francisco Menezes. A equipe de monitoramento ocupa, por aproximadamente uma hora, os 23 marcos instalados pela área de interesse. Por fim, são geradas as coordenadas no sistema UTM/SIRGAS, a partir do processamento e ajuste realizado no Software Magnet Tools/Compass Solution.

Já o monitoramento do controle de subsidência se dá por meio do transporte de cotas, utilizando o método de duplo nivelamento, baseado no paralelismo de planos, também conhecido como nivelamento geométrico, cujos instrumentos empregados são o nível eletrônico de alta precisão e a mira de código de barra. Em cada estação mede-se a altura, ou seja, a distância vertical que vai da referência de nível até a linha de visada, estabelecida com o nível e a mira. Em todas as campanhas é realizado um nivelamento de checagem com saída do BK01 para o BK02, a partir da confirmação da confiabilidade dos marcos, realiza-se o nivelamento para todos os marcos BK's e monitoramento dos poços e minas.

INSERÇÃO 7-5 - Monitoramento topográfico do deslocamento horizontal (direita) e monitoramento topográfico do controle de subsidência (esquerda)



7.1.4 Inclínômetros

Os inclinômetros do tipo “*in-place*”, faz o monitoramento por meio de quatro sensores que monitoram os seguintes parâmetros: deslocamentos horizontais, verticais, temperatura e nível de água.

Existem quatro equipamentos instalados na área de interesse, do modelo DMS 2D Rock combinado ao DMS 3D Plus, fabricado pela empresa CSG Geotechnical Monitoring, atingindo a profundidade de 250 m dentro de um tubo geomecânico, e que permitem leituras automáticas a cada 6 horas. Cada equipamento consiste em 250 seguimentos articulados a cada 1 m.

Os dados dos equipamentos podem ser acessados pela plataforma DMS *WebView*, onde é possível visualizar dados de deslocamento horizontal total, azimuth, temperatura, deformação vertical, aceleração e nível de água.

INSERÇÃO 7-6 - Inclínômetro *in-place*

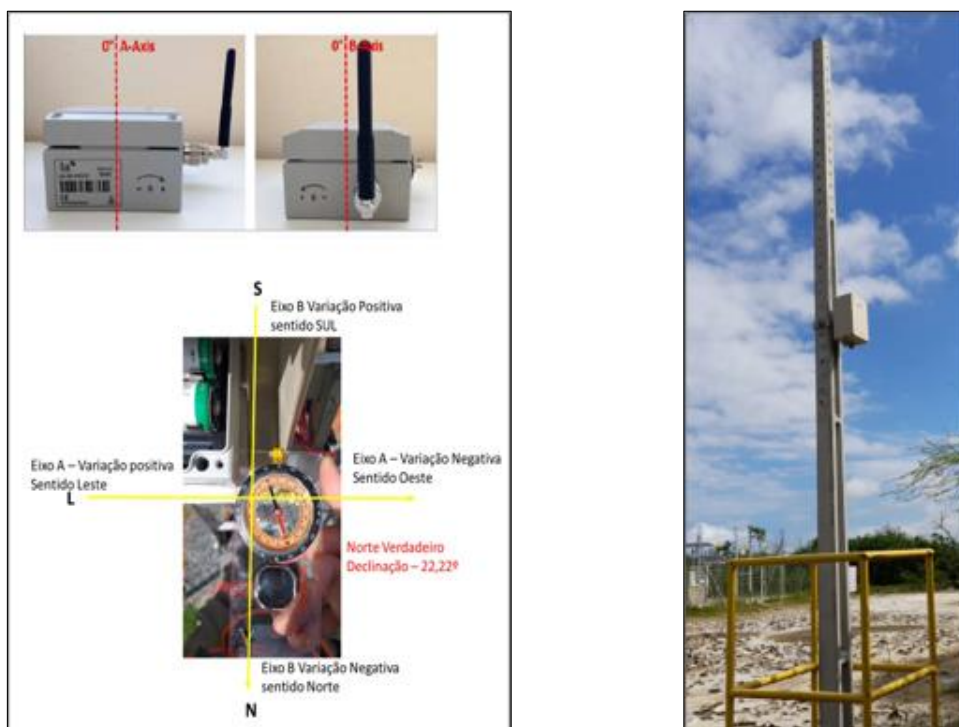


7.1.5 Tiltímetros

O monitoramento com a utilização de tiltímetros, consiste na medida da rotação angular dos planos com direção Leste-Oeste e Norte-Sul, por meio de 13 equipamentos instalados na área de interesse.

O tiltímetro utilizado é o LS-G6-INC-15, fabricado pela Loadsensing, com o monitoramento de dados a cada 1 hora e possui uma acurácia de $0,025^\circ$. A plataforma utilizada para visualização dos dados é a DMS Webview e permite visualizar e realizar o download das rotações angulares nos dois eixos, assim como registros de temperatura.

INSERÇÃO 7-7 - Tiltímetros instalados na área de interesse



Com o intuito de evitar a influência da temperatura, o acompanhamento dos dados dos tiltímetros considera preferencialmente leitura das 6 horas da manhã, horário com menor influência da temperatura.

7.1.6 Rede sísmica integrada

A Rede Sísmica Integrada (RSI) é composta pela união de duas malhas sísmicas distintas: A Rede Microssísmica da Braskem e a Rede Sísmica do Projeto UFPE/DCM. Juntas as duas redes possuem 26 estações sísmicas, das quais, 14 são estações de superfície, 6 estão locadas a 200 m de profundidade, 3 a 300 m e outras 3 a aproximadamente 900 m.

Essa rede tem por objetivo detectar eventos microssísmicos advindos da região das cavidades, que são detectados automaticamente e visualizados na plataforma Athena. Todos os equipamentos foram instalados em poços revestidos, cimentados e perfilados. Com garantia de qualidade na instalação.

INSERÇÃO 7-8 - Rede Sísmica Integrada: Estação de superfície (esquerda) e estação de profundidade (direita)



A inserção a seguir apresenta o detalhamento dos equipamentos que compõem a rede sísmica integrada.

INSERÇÃO 7-9 - Detalhamento dos equipamentos da rede sísmica integrada

CÓDIGO DA SUBREDE	ESTAÇÃO	LAT. (°)	LONG. (°)	PROF. (m)
Braskem	ESM01	-9,63027	-35,75129	300,0
Braskem	ESM02	-9,63058	-35,74631	0,5
Braskem	ESM03	-9,63152	-35,74529	0
Braskem	ESM04	-9,63193	-35,74790	900,0
Braskem	ESM05	-9,63435	-35,75029	0,5
Braskem	ESM06	-9,63360	-35,74917	900,0
Braskem	ESM07	-9,63710	-35,74905	0
Braskem	ESM08	-9,63820	-35,74806	300,0
Braskem	ESM09	-9,64093	-35,74635	900,0
Braskem	ESM10	-9,64357	-35,74421	300,0
UFPE/DCM	MAC01	-9,62648	-35,73951	0
UFPE/DCM	MAC02	-9,63516	-35,73847	0
UFPE/DCM	MAC03	-9,63977	-35,74658	0
UFPE/DCM	MAC04	-9,63126	-35,73803	200,0
UFPE/DCM	MAC05	-9,63378	-35,74261	0

CÓDIGO DA SUBREDE	ESTAÇÃO	LAT. (°)	LONG. (°)	PROF. (m)
UFPE/DCM	MAC06	-9,63995	-35,73936	0
UFPE/DCM	MAC07	-9,62193	-35,74881	0
UFPE/DCM	MAC08	-9,62438	-35,74183	0
UFPE/DCM	MAC09	-9,63128	-35,74926	0
UFPE/DCM	MAC10	-9,62535	-35,75518	0
UFPE/DCM	MAC11	-9,64353	-35,74431	200,0
UFPE/DCM	MAC12	-9,64078	-35,73687	200,0
UFPE/DCM	MAC13	-9,63534	-35,74322	200,0
UFPE/DCM	MAC14	-9,62868	-35,75013	200,0
UFPE/DCM	MAC15	-9,62813	-35,74317	200,0
UFPE/DCM	MAC16	-9,64168	-35,74182	0

A Rede Sismográfica Integrada produz informação para detecção automática de eventos apresentada na Plataforma Athena. As detecções automáticas também são revisadas por um analista especializado em até 24 horas.

7.1.7 Sala de monitoramento integrado

A Braskem gerencia a sala de monitoramento geotécnico, que integra as informações coletadas em superfície e profundidade em tempo quase real, por meio de computadores e monitores, dispondo os dados com delay de 3 minutos, com exceção do monitoramento realizado pelos tiltímetros (dados atualizados a cada hora) e inclinômetros (dados atualizados a cada 6 horas).

Os dados gerenciados se referem a todas as metodologias de monitoramento citadas anteriormente, com exceção do monitoramento topográfico, onde sua coleta é feita de maneira manual em campo e os dados são analisados e dispostos por meio de relatórios técnicos atualizados a cada três meses.

A sala funciona no regime de 24 horas, durante 7 dias por semana, de maneira ininterrupta, contando com equipe de 6 operadores que se dividem em turnos de 8 horas. A alimentação energética é fornecida pela concessionária local, além de contar com *nobreaks* e geradores de emergência. A inserção a seguir ilustra a operação na sala de monitoramento geotécnico integrado.

INSERÇÃO 7-10 - Funcionamento da sala de monitoramento geotécnico integrado

Os monitores da sala exibem os dados através de plataformas dos fabricantes de cada equipamento, tal como, Trimble 4D Control DGPS, Athena, CSG, Maceió Seismic Earling Warning System. Além dessas, a Braskem desenvolveu junto com a empresa Geoapp a Plataforma Integrada de Monitoramento (PIM) que facilita o gerenciamento das informações. Há também o monitoramento de pessoas envolvidas nas operações, que circulam na área de resguardo, por meio da plataforma DENOX PRO via informações coletadas a partir de um crachá inteligente.

Alguns sistemas de alerta são utilizados para o acompanhamento dos dados de monitoramento. No caso do sistema DGPS, são acompanhados limiares de alerta de deslocamento do solo baseados nas observações de *short term* (movimentos abruptos) e *long term* (movimentos acumulados).

Para o monitoramento microssísmico existem três tipos de alerta. Um primeiro baseado em pacotes de *swarm*, para sinais em que não é possível identificar com clareza as ondas P e S. Já um segundo sistema utiliza a taxa horária de eventos microssísmicos detectáveis, além da densidade e persistência de ocorrência. Enquanto a terceira abordagem de alerta utiliza a detecção de eventos microssísmicos únicos, baseados por si só no valor de magnitude.

A comunicação dos dados é feita através de redes 3G e 4G, em redundância de duas operadoras. Já a comunicação externa é feita por rádio telefone, telefone físico, celulares e/ou rádios comunicadores. Além disso, os dados também são dispostos em ambiente web e compartilhadas em tempo real com a defesa civil de Maceió.

A sala de monitoramento geotécnico integrado se localiza fora área de linhas de ações prioritárias e possui controle de acesso.

7.2 Monitoramento da Qualidade Hidroquímica da Água Subterrânea

A Braskem possui um plano de monitoramento das águas subterrâneas, definido pela Tetra Tech, como “PLANO AMBIENTAL CONCEITUAL DE USO SUSTENTÁVEL DA ÁGUA SUBTERRÂNEA” este, contido no “PLANO AMBIENTAL Estudo para Identificação e Avaliação de Impacto Ambiental da Atividade de Extração de Sal-gema” (TETRATECH 2022). Nele são descritas atividades que se aplicam aos poços de água subterrânea selecionados (pré-existent e futuramente instalados) da área do mapa de ações prioritárias da defesa civil (incluindo, portanto, a área de resguardo e os aquíferos Barreiras, Marituba, sistemas Mosqueiro e Mosqueiro/Poção), e têm como um dos seus objetivos o acompanhamento da qualidade ambiental da água subterrânea que, de maneira direta ou indireta, estejam associados ao sistema de exploração dos aquíferos pela Braskem.

Os monitoramentos da água subterrânea executados durante a operação serão comparados aos parâmetros originados na fase de pós-fechamento, e servem como indicador da estabilização hidroquímica dos aquíferos. Para a fase de pós-fechamento será mantido o programa de monitoramento, contendo os parâmetros monitorados de forma detalhada, conforme cronograma compartilhado com as autoridades competentes.

O referido trabalho prevê o seguinte:

Monitoramento hidrogeológico de 24 meses:

Caracterização hidrogeoquímica inicial de poços de água subterrânea que serão incluídos na rede de monitoramento, com o objetivo de identificar íons maiores de interesse e ainda outros compostos de interesse ambiental.

A caracterização incluiu (dezembro/23):

- **Parâmetros para análises laboratoriais:** Carbono Orgânico Total, Sulfeto, Metano, Dureza Total, Sólidos Totais e dissolvidos, Alcalinidade Total (em campo e laboratório), Alcalinidade (Bicarbonato), Alcalinidade (Hidróxido), Alcalinidade (Carbonato), Cloretos, Cálcio (Totais e Dissolvidos) Alumínio (Totais e Dissolvidos), Antimônio (Totais e Dissolvidos), Arsênio (Totais e Dissolvidos), Bário (Totais e Dissolvidos), Boro (Totais e Dissolvidos), Cádmio (Totais e Dissolvidos), Chumbo (Totais e Dissolvidos), Cobalto (Totais e Dissolvidos), Cobre (Totais e Dissolvidos), Cromo Total (Totais e Dissolvidos) e Cromo VI (Totais e Dissolvidos), Ferro Total (Totais e Dissolvidos) Ferro II (Totais e Dissolvidos), Manganês (Totais e Dissolvidos), Mercúrio (Totais e Dissolvidos), Molibdênio (Totais e Dissolvidos, Magnésio (Totais e Dissolvidos), (Totais e Dissolvidos), Sílica (Totais e Dissolvidos), Sódio (Totais e Dissolvidos), Estrôncio (Totais e Dissolvidos) e Brometos (Totais e Dissolvidos), Fluoreto, Fosfato, Sulfato Total, Série Nitrogenada e Potássio;

- **Parâmetros de campo:** Condutividade Elétrica, T, Eh, OD, pH, Turbidez e Alcalinidade.

Monitoramento hidrogeoquímico semestral dos poços desativados para monitoramento da cunha salina e de qualidade das águas do aquífero, segundo os parâmetros:

- CONAMA nº 396/2008 (exceto orgânicos e agrotóxicos) + Cálcio (Totais e Dissolvidos) Magnésio (Totais e Dissolvidos), (Totais e Dissolvidos), Estrôncio (Totais e Dissolvidos) e Brometos (Totais e Dissolvidos) e Potássio;

- **Parâmetros de campo:** Condutividade Elétrica, T, Eh, OD, pH, Turbidez e Alcalinidade.

Monitoramento de parâmetros de campo (Condutividade Elétrica, T, Eh, OD, pH, Turbidez e NE), com frequência trimestral, nos poços incluídos na rede de monitoramento. Registro de ND (nível dinâmico) e a vazão dos poços que estejam em operação durante a atividade de monitoramento (preferentemente, com data e /ou horário de início de operação).

Monitoramento mensal dos poços em operação utilizados para o atendimento da demanda da unidade de Cloro-Soda, com a determinação de:

- Alumínio total, alcalinidade, cloretos, dureza de cálcio, magnésio, dureza total, ferro total, sulfatos, nitratos, cor aparente, turbidez, sólidos totais;

- **Parâmetros de campo:** Condutividade Elétrica, Eh, OD, pH, Turbidez e Alcalinidade.

Registro quinzenal do ND a ser medido nos poços em operação no âmbito do sistema de exploração para atendimento à demandas da Braskem;

Monitoramento do sistema de exploração: registros diários de dados relacionados a cada poço ativo (em operação ou em condição de operar): data e hora de início do bombeamento, data e hora da paragem da bomba, vazão bombeada, observações (de dados quali-quantitativas do poço, anomalias observadas, etc.), entre outros.

Monitoramento diário, em tempo real (no mínimo seis vezes ao dia, podendo ser feito com uso de data loggers) de dados de NE/ND e CE, em um conjunto de poços representativos dos diferentes aquíferos explorados.

Monitoramento hidrogeológico de 36 meses:

Monitoramento hidrogeoquímico semestral dos poços da rede de monitoramento a ser definido no plano executivo de uso sustentável da água subterrânea, com objetivo de acompanhar o comportamento da cunha salina e da qualidade das águas do aquífero, com a inclusão dos parâmetros:

- CONAMA nº 396/2008 (exceto orgânicos e agrotóxicos) + Cálcio (Totais e Dissolvidos) Magnésio (Totais e Dissolvidos), (Totais e Dissolvidos), Estrôncio (Totais e Dissolvidos) e Brometos (Totais e Dissolvidos) e Potássio.
- Parâmetros de campo (na coluna de água do poço, quando aplicável in situ): Condutividade Elétrica, T, Eh, OD, pH, Turbidez e Alcalinidade.
- Monitoramento de parâmetros de campo Condutividade Elétrica, T, Eh, OD, pH, Turbidez e NE/ND, com frequência trimestral, nos poços incluídos na rede de monitoramento a ser definido no plano executivo de uso sustentável da água subterrânea.

Monitoramento mensal dos poços em operação utilizados para o atendimento da demanda da planta industrial, e seguindo as diretrizes a ser definido no executivo de uso sustentável da água subterrânea, com análises para:

- Alumínio total, alcalinidade, cloretos, dureza de cálcio, magnésio, dureza total, ferro total, sulfatos, nitratos, cor aparente, turbidez, sólidos totais.

Parâmetros de campo: Condutividade Elétrica, Eh, OD, pH, Turbidez e Alcalinidade.

Registro quinzenal do ND a ser medido nos poços em operação no âmbito do sistema de exploração para atendimento às demandas da Braskem, atendendo às determinações a ser definido no plano de uso sustentável.

8 CRONOGRAMA FÍSICO-FINANCEIRO

A seguir é apresentado uma previsão do cronograma físico-financeiro destinado a cobrir os custos das atividades de preenchimento e tamponamento das cavidades das frentes de lavra M#03, M#15, M#20/M#21, M#29 e M#34, conforme observado próxima inserção.

A sequência de preenchimento apresentada a seguir segue um parâmetro de risco de criticidade, que leva em consideração o volume da cavidade e proximidade com a cavidade M#18.

INSERÇÃO 8-1 - Cronograma físico-financeiro do *backfilling* das cavidades M#03, M#15, M#20/M#21, M#29 e M#34

Tarefa	Duração	Início	Término	2024						2025												2026									
				Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun				
Preenchimento M#20/21	623 dias	15/07/2024	30/03/2026																												
Preenchimento M#29	441 dias	15/09/2024	30/11/2025																												
Preenchimento M#15	350 dias	15/11/2024	31/10/2025																												
Preenchimento M#03	75 dias	15/12/2024	31/02/2025																												
Preenchimento M#34	500 dias	15/02/2025	30/06/2026																												
PROVISIONAMENTO TOTAL				R\$ 658.200.000,00*																											

*Informação fornecida pela Braskem

9 CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

Ao avaliar o histórico das cavidades das frentes de lavra do antigo Grupo 4, juntamente com o evento ocorrido que resultou no colapso da frente de lavra M#18 e a análise realizada pelo IfG, além da revisão do fluxograma de fechamento das frentes de lavra, é possível concluir que se torna pertinente e necessária a inclusão dessas frentes de lavra (M#03, M#15, M#20/M#21, M#29 e M#34) no Grupo 3, que prevê o preenchimento das cavidades com material sólido como areia.

Não foi objetivo do presente trabalho discutir a prioridade ou ordem de preenchimento das cavidades das frentes abordadas nesse trabalho, uma vez que o cronograma físico-financeiro foi idealizado pela Braskem, baseado em seus próprios critérios técnicos e operacionais, que levaram em consideração a priorização de cavidades de acordo com seu volume e proximidade com a cavidade M#18. Sendo assim, o presente trabalho apenas discute a necessidade de elas integrarem o grupo de preenchimento.

Cabe à Braskem, definir e adotar todas as medidas de segurança baseadas em análises de fatores de risco. É importante também monitorar a pressão da cavidade durante os procedimentos do preenchimento, tentando controlar as sobrepressões e manter atenção constante ao sistema de monitoramento de microssismos e movimentação de solo, uma vez que as atividades de *backfilling* contribuem para o aumento da pressão do fluido no meio poroso, trazendo cenários de riscos que podem ser controlados durante a execução dessas atividades.

10 REFERÊNCIA

TETRATECH - PLANO AMBIENTAL Estudo para Identificação e Avaliação de Impacto Ambiental da Atividade de Extração de Sal-gema, 2022. 50 pp

Ministério de Minas e Energia / Agência Nacional de Mineração. Resolução ANM N°68, de 4 de maio de 2021. Diário Oficial da União. Publicado em: 04/05/2021.

ANEXOS

ANEXO 1 - ART

brandt.com.br





Anotação de Responsabilidade Técnica - ART
Lei nº 6.496, de 7 de dezembro de 1977

CREA-MG

ART OBRA / SERVIÇO
Nº MG20242958859

Conselho Regional de Engenharia e Agronomia de Minas Gerais

INICIAL

1. Responsável Técnico

VINICIUS RODRIGUES DOS SANTOS

Título profissional: **ENGENHEIRO AMBIENTAL, ENGENHEIRO GEÓLOGO, ENGENHEIRO DE SEGURANÇA DO TRABALHO**

RNP: **1408689570**

Registro: **MG0000128553D MG**

Empresa contratada: **BRANDT MEIO AMBIENTE LTDA**

Registro Nacional: **0000073592-MG**

2. Dados do Contrato

Contratante: **BRASKEM S.A.**

CPF/CNPJ: **42.150.391/0001-70**

RUA **ETENO**

Nº: **1561**

Complemento:

Bairro: **PÓLO INDUSTRIAL DE CAMAÇARI**

Cidade: **CAMAÇARI**

UF: **BA**

CEP: **42816200**

Contrato: **Não especificado**

Celebrado em: **02/01/2023**

Valor: **R\$ 53.018,94**

Tipo de contratante: **Pessoa Jurídica de Direito Privado**

Ação Institucional: **Outros**

3. Dados da Obra/Serviço

RUA **AVENIDA MAJOR CÍCERO DE GOES MONTEIRO**

Nº: **S/N**

Complemento:

Bairro: **BEBEDOIRO**

Cidade: **MACEIÓ**

UF: **AL**

CEP: **57017320**

Data de Início: **01/04/2024**

Previsão de término: **10/05/2024**

Coordenadas Geográficas: **0, 0**

Finalidade: **OUTROS**

Código: **Não Especificado**

Proprietário: **BRASKEM S.A.**

CPF/CNPJ: **42.150.391/0001-70**

4. Atividade Técnica

8 - Consultoria

Quantidade

Unidade

23 - Consultoria > DESENVOLVIMENTO E LAVRA DE BENS MINERAIS > POLÍTICA MINERAL >
#3136 - DE PLANO DE DESCOMISSIONAMENTO

1,00

mes

Após a conclusão das atividades técnicas o profissional deve proceder a baixa desta ART

5. Observações

Elaboração do "PLANO DE FECHAMENTO DAS FRENTES DE LAVRA M#03, M#15, M#20, M#21, M#29 E M#34"

6. Declarações

- Declaro estar ciente de que devo cumprir as regras de acessibilidade previstas nas normas técnicas da ABNT, na legislação específica e no decreto n. 5296/2004.

- Clausula Compromissória: Qualquer conflito ou litígio originado do presente contrato, bem como sua interpretação ou execução, será resolvido por arbitragem, de acordo com a Lei nº 9.307, de 23 de setembro de 1996, por meio da Câmara de Mediação e Arbitragem - CMA vinculada ao Crea-MG, nos termos do respectivo regulamento de arbitragem que, expressamente, as partes declaram concordar

- Declaro, nos termos da Lei Federal nº 13.709, de 14 de agosto de 2018 - Lei Geral de Proteção de Dados Pessoais (LGPD), que estou ciente de que meus dados pessoais e eventuais documentos por mim apresentados nesta solicitação serão utilizados conforme a Política de Privacidade do CREA-MG, que encontra-se à disposição no seguinte endereço eletrônico: <https://www.crea-mg.org.br/transparencia/lcpd/politica-privacidade-dados>. Em caso de cadastro de ART para PESSOA FÍSICA, declaro que informei ao CONTRATANTE e ao PROPRIETÁRIO que para a emissão desta ART é necessário cadastrar nos sistemas do CREA-MG, em campos específicos, os seguintes dados pessoais: nome, CPF e endereço. Por fim, declaro que estou ciente de que é proibida a inserção de qualquer dado pessoal no campo "observação" da ART, seja meu ou de terceiros.

- Declaro, nos termos da Lei Federal nº 13.709, de 14 de agosto de 2018 - Lei Geral de Proteção de Dados Pessoais (LGPD), que estou ciente de que não posso compartilhar a ART com terceiros sem o devido consentimento do contratante e/ou do(a) proprietário(a), exceto para cumprimento de dever legal

7. Entidade de Classe

- SEM INDICAÇÃO DE ENTIDADE DE CLASSE



Documento assinado digitalmente

VINICIUS RODRIGUES DOS SANTOS

Data: 06/05/2024 14:54:14-0300

Verifique em <https://validar.it.gov.br>

8. Assinaturas

Declaro serem verdadeiras as informações acima

Maceió, 06 de maio de 2024

Local

Data

VINICIUS RODRIGUES DOS SANTOS - CPF: 060.582.958-02

Vinicius Rodrigues dos Santos

BRASKEM S.A. - CNPJ: 42.150.391/0001-70

9. Informações

* A ART é válida somente quando quitada, mediante apresentação do comprovante do pagamento ou conferência no site do Crea

A autenticidade desta ART pode ser verificada em: <https://crea-mg.sitac.com.br/publico/>, com a chave: x9Z98
Impresso em 03/05/2024 às 14:00:18 por: ip: 186.211.161.5





Anotação de Responsabilidade Técnica - ART
Lei nº 6.496, de 7 de dezembro de 1977

CREA-MG

ART OBRA / SERVIÇO
Nº MG20242958859

Conselho Regional de Engenharia e Agronomia de Minas Gerais

INICIAL

10. Valor

Valor da ART: **R\$ 262,55**

Registrada em: **03/05/2024**

Valor pago: **R\$ 262,55**

Nosso Número: **8604622698**

A autenticidade desta ART pode ser verificada em: <https://crea-mg.sitac.com.br/publico/> com a chave: x8ZB8
Impresso em: 03/05/2024 às 14:00:19 por: ip: 186.211.161.5

www.crea-mg.org.br
Tel: 0800 031 2732

atendimento@crea-mg.org.br
Fax:

CREA-MG
Conselho Regional de Engenharia e Agronomia de Minas Gerais





Anotação de Responsabilidade Técnica - ART
Lei nº 6.496, de 7 de dezembro de 1977

CREA-MG

ART OBRA / SERVIÇO
Nº MG20242958859

Conselho Regional de Engenharia e Agronomia de Minas Gerais

INICIAL

1. Responsável Técnico

VINICIUS RODRIGUES DOS SANTOS

Título profissional: **ENGENHEIRO AMBIENTAL, ENGENHEIRO GEÓLOGO, ENGENHEIRO DE SEGURANÇA DO TRABALHO**

RNP: **1408689570**

Registro: **MG0000128553D MG**

Empresa contratada: **BRANDT MEIO AMBIENTE LTDA**

Registro Nacional: **0000073592-MG**

2. Dados do Contrato

Contratante: **BRASKEM S.A.**

CPF/CNPJ: **42.150.391/0001-70**

RUA ETENO

Nº: **1561**

Complemento:

Bairro: **PÓLO INDUSTRIAL DE CAMAÇARI**

Cidade: **CAMAÇARI**

UF: **BA**

CEP: **42816200**

Contrato: **Não especificado**

Celebrado em: **02/01/2023**

Valor: **R\$ 53.018,94**

Tipo de contratante: **Pessoa Jurídica de Direito Privado**

Ação Institucional: **Outros**

3. Dados da Obra/Serviço

RUA AVENIDA MAJOR CÍCERO DE GOES MONTEIRO

Nº: **S/N**

Complemento:

Bairro: **BEBEDOURO**

Cidade: **MACEIÓ**

UF: **AL**

CEP: **57017320**

Data de Início: **01/04/2024**

Previsão de término: **10/05/2024**

Coordenadas Geográficas: **0, 0**

Finalidade: **OUTROS**

Código: **Não Especificado**

Proprietário: **BRASKEM S.A.**

CPF/CNPJ: **42.150.391/0001-70**

4. Atividade Técnica

8 - Consultoria

Quantidade

Unidade

23 - Consultoria > DESENVOLVIMENTO E LAVRA DE BENS MINERAIS > POLÍTICA MINERAL > #31.3.6 - DE PLANO DE DESCOMISSONAMENTO

1,00

mes

Após a conclusão das atividades técnicas o profissional deve proceder a baixa desta ART

5. Observações

Elaboração do "PLANO DE FECHAMENTO DAS FRENTES DE LAVRA M#03, M#15, M#20, M#21, M#29 E M#34"

6. Declarações

- Declaro estar ciente de que devo cumprir as regras de acessibilidade previstas nas normas técnicas da ABNT, na legislação específica e no decreto n. 5296/2004.

- Cláusula Compromissória: Qualquer conflito ou litígio originado do presente contrato, bem como sua interpretação ou execução, será resolvido por arbitragem, de acordo com a Lei no. 9.307, de 23 de setembro de 1996, por meio da Câmara de Mediação e Arbitragem - CMA vinculada ao Crea-MG, nos termos do respectivo regulamento de arbitragem que, expressamente, as partes declaram concordar

- Declaro, nos termos da Lei Federal nº 13.709, de 14 de agosto de 2018 - Lei Geral de Proteção de Dados Pessoais (LGPD), que estou ciente de que meus dados pessoais e eventuais documentos por mim apresentados nesta solicitação serão utilizados conforme a Política de Privacidade do CREA-MG, que encontra-se à disposição no seguinte endereço eletrônico: <https://www.crea-mg.org.br/transparencia/lgpd/politica-privacidade-dados>. Em caso de cadastro de ART para PESSOA FÍSICA, declaro que informei ao CONTRATANTE e ao PROPRIETÁRIO que para a emissão desta ART é necessário cadastrar nos sistemas do CREA-MG, em campos específicos, os seguintes dados pessoais: nome, CPF e endereço. Por fim, declaro que estou ciente que é proibida a inserção de qualquer dado pessoal no campo "observação" da ART, seja meu ou de terceiros.

- Declaro, nos termos da Lei Federal nº 13.709, de 14 de agosto de 2018 - Lei Geral de Proteção de Dados Pessoais (LGPD), que estou ciente de que não posso compartilhar a ART com terceiros sem o devido consentimento do contratante e/ou do(a) proprietário(a), exceto para cumprimento de dever legal.

7. Entidade de Classe

- SEM INDICAÇÃO DE ENTIDADE DE CLASSE



Documento assinado digitalmente

VINICIUS RODRIGUES DOS SANTOS

Data: 06/05/2024 14:54:14-0300

Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

8. Assinaturas

Declaro serem verdadeiras as informações acima

VINICIUS RODRIGUES DOS SANTOS - CPF: 060.582.956-02

_____, _____ de _____ de _____

Local

data

BRASKEM S.A. - CNPJ: 42.150.391/0001-70

9. Informações

* A ART é válida somente quando quitada, mediante apresentação do comprovante do pagamento ou conferência no site do Crea.

A autenticidade desta ART pode ser verificada em: <https://crea-mg.sitac.com.br/publico/>, com a chave: xBZB8
 Impresso em: 03/05/2024 às 14:00:18 por: , ip: 186.211.161.5

www.crea-mg.org.br

Tel: 0800 031 2732

atendimento@crea-mg.org.br

Fax:





Anotação de Responsabilidade Técnica - ART
Lei nº 6.496, de 7 de dezembro de 1977

CREA-MG

ART OBRA / SERVIÇO
Nº MG20242958859

Conselho Regional de Engenharia e Agronomia de Minas Gerais

INICIAL

10. Valor

Valor da ART: **R\$ 262,55**

Registrada em: **03/05/2024**

Valor pago: **R\$ 262,55**

Nosso Número: **8604622698**

A autenticidade desta ART pode ser verificada em: <https://crea-mg.sitac.com.br/publico/>, com a chave: xBZB8
Impresso em: 03/05/2024 às 14:00:19 por: , ip: 186.211.161.5

