



AGÊNCIA NACIONAL DE MINERAÇÃO

PARECER TÉCNICO Nº 33/2021/GFAM/SPM-ANM/DIRC

Nº PROCESSO ADMINISTRATIVO		MUNICÍPIO DE EXTRAÇÃO		SUBSTÂNCIA MINERAL	
27225.006648/1965-86		Maceió/AL		Sal-gema	
NOME DO TITULAR	Braskem S.A				
CNPJ/CPF	42.150.391/0001-70				
ENDEREÇO	Rua Eterno - Polo Petroquímico				
CEP	42810-000	MUNICÍPIO	Camaçari	Estado	Bahia

Referência: Processo nº. 006.648/1965 (SEI 27225.006.648/1965-86)

Interessado: BRASKEM S/A

Assunto: 21ª Reunião do GT- Acompanhamento e Análise do Plano de Fechamento de Mina
(Decisão ACP Nº 0803662-52.2019.4.05.8000)

Sr. Fernando José da Costa Bispo

Gerente Regional da ANM/AL

INTRODUÇÃO

O presente parecer é resultado das atividades do Grupo de Trabalho - GT instituído pela Portaria ANM/SEI nº. 532/2019, de 05 de julho de 2019, composto pelos engenheiros de minas Roger Romão Cabral (Coordenador do GT), David de Barros Galo, Sergio Luiz Klein e Selmar Almeida de Oliveira (Membros do GT), para atendimento à decisão judicial contida na ACP Nº 0803662-52.2019.4.05.8000, realizadas no período 08 de junho 2021 a 10 de agosto de 2021, acerca do acompanhamento do fechamento da mina de sal-gema da BRASKEM S.A em Maceió/AL.

Participaram, no período, os seguintes técnicos: engenheiros de minas Roger Cabral, Selmar Almeida de Oliveira, David Galo, Sergio Luiz Klein.

Em razão da pandemia da COVID19, e das medidas de distanciamento social determinadas pelo Governo Federal, as atividades do GT, neste período, foram executadas por meio de vídeo conferências e trabalho remoto em home office pelos seus integrantes.

As atividades desenvolvidas pelo GT contemplaram a avaliação dos documentos técnicos juntados aos autos após a conclusão e juntada do Parecer Técnico 24 (2596419) em 08/06/2021 incluindo a também a documentação protocolizada até 03/08/2021, especialmente relativo aos Relatórios Consolidados Mensais de Fechamento das Frentes de Lavra referentes aos meses de maio (2636634) protocolizado em 15/06/2021 e junho (2761836) protocolizado em 15/07/2021.

Apresenta ainda, os entendimentos do GT relativos aos relatórios de monitoramento dos parâmetros de acompanhamento da evolução dos movimentos, resultados das considerações e conclusões das consultoras por ela contratadas e os reflexos de tais resultados nos planos e nas atividades em execução para fechamento de todas as 35 frentes de lavra, bem como das respostas apresentadas pela Braskem S. A. em cumprimento às exigências formuladas a partir das recomendações do GT nos pareceres anteriores.

HISTÓRICO ATUALIZADO

A partir das conclusões e recomendações contidas no Parecer Técnico 24 (2596419), foi encaminhado à titular o Ofício 18166 (2610766), publicado no DOU em 14/06/2021, solicitando ao titular a apresentação das propostas de ações em execução relativas às Frentes de Lavra M#05, M#06, M#08, M#14 e, especialmente, M#24D.

A titular, a partir da juntada do mencionado parecer aos autos, protocolizou os relatórios da empresa Flodim relativos a ecometria das frentes de Lavra M#03A (Field 2601214), M#26AD (Field 2601215), M#26A (Field 2601218), M#01A (Field 2613850), M#29D (Final 2613851), M#34D (Final 2613852), M#03A (Final 2671859), M#17A (Final 2671861), M#25A (Field 2701253), M#01A (Final 2701254), M#07 (Final 2716760), M#25A (Final 2716762) e M#11A (Field 2721401).

Além das ecometrias por sonar das frentes de lavra monitoradas, a titular juntou aos autos documentos abrangendo relatórios das consultorias especializadas contratadas, abrangendo os aspectos relativos a estudos, simulações e monitoramentos dos movimentos e processos geodinâmicos e geocinéticos em desenvolvimento na área de abrangência do campo salino.

ANÁLISES

Situação Atualizada do monitoramento ecométrico das frentes de lavra

Nos relatórios consolidados apresentados referentes a maio e junho de 2021, constam as atualizações dos levantamentos ecométricos das frentes de lavra M#01, M#09, M#10, M#11, M#25D, M#26D, M#28D e M33D sem que estes tenham indicado alterações paramétricas em relação à atualização anterior conforme apresentado no **Quadro 1**.

Quadro 1 – Situação atualizada das medições por sonar em 26/07/2021

Frete de Lavra	Nº de Sonares	Ano Último Sonar	Relatório 3D	Dentro do Sal?
M#03	8	2021	Sim	Não
M#07	13	2021	Sim	Não
M#11	6	2021	Sim	Não
M#17	16	2021	Sim	Não
M#24D	6	2020	Sim	Não

M#25D	15	2021	Sim	Não
M#04A	9	2021	Sim	Parcialmente fora do sal
M#15	7	2021	Sim	Parcialmente fora do sal
M#20D	11	2021	Sim	Parcialmente fora do sal
M#21D	8	2021	Sim	Parcialmente fora do sal
M#29D	6	2021	Sim	Parcialmente fora do sal
M#34D	7	2021	Sim	Parcialmente fora do sal
M#01	7	2021	Sim	Sim.22m dentro do sal
M#02	6	2021	Sim	Sim.24m dentro do sal
M#09	3	2019	Sim	Sim.32m dentro do sal
M#10	4	2019	Sim	Sim.23m dentro do sal
M#12	2	2019	Sim	Sim.52m dentro do sal
M#13	2	2019	Sim	Sim.79m dentro do sal
M#16	3	2019	Sim	Sim.94m dentro do sal
M#18D	11	2019	Sim	Sim. 60m dentro do sal
M#19D	8	2019	Sim	Sim. 27m dentro do sal
M#22	7	2021	Sim	Sim.45,5m dentro do sal
M#23	4	2019	Sim	Sim.51,8m dentro do sal
M#26D	12	2021	Sim	Sim. 93,3m dentro do sal
M#27D	2	2021	Sim	Sim. 18,4m dentro do sal
M#28D	6	2020	Sim	Sim. 75,8m dentro do sal
M#30D	7	2020	Sim	Sim. 75m dentro do sal
M#31D	8	2020	Sim	Sim. 107m dentro do sal
M#32	5	2020	Sim	Sim.83m dentro do sal
M#33D	1	2019	Sim	Sim. 120m dentro do sal
M#35D	4	2020	Sim	Sim. 94m dentro do sal
M#05	2	1985	Não	Sem informação atualizada
M#06	3	1989	Não	Sem informação atualizada
M#08	4	1995	Não	Sem informação atualizada
M#14	3	2000	Não	Sem informação atualizada

Relatórios dos estudos, simulações e monitoramento dos movimentos

Os relatórios apresentados pelas consultoras contratadas pela Braskem e juntados aos autos do processo minerário permitiram verificar o grau de evolução ou retração dos movimentos associados ao processo de estabilização das cavidades resultantes das frentes de lavra mineradas.

Estudo da subsidência em Maceió – NGI (2635815)

As conclusões do Relatório do Estudo da Subsidência em Maceió (Tradução Juramentada - 2635815) em relação ao modelo de deslocamento do teto 2D (fase 1) indicam que a fluência da halita causada pelo arranjo de tensões que resultaram da extração do sal e preenchimento com salmoura das cavidades, nos últimos 45 anos, seria uma das causas da subsidência no tempo.

As simulações realizadas mostram que o deslocamento do teto das cavidades entre 2010 e 2020 podem ter causado a aceleração da taxa de subsidência em meados de 2010, ressaltando a presença de incertezas na correlação entre a simulação e forma obtida pelos levantamentos com sonar que podem estar relacionadas aos métodos de modelagem, condições operacionais e geológicas não consideradas, entre outras, sugerindo focar no efeito de cada cenário qualitativamente, ressaltando ainda que o monitoramento das taxas de subsidência pode ser um indicador importante do deslocamento progressivo do teto das cavidades.

Já as conclusões relativas ao modelo 3D (fase 2), indicam a possível relação entre as fissuras superficiais e uma falha de tração na camada não saturada do solo e ainda, que as fissuras observadas, não capturadas no modelo 3D, podem estar relacionadas a mecanismos como má qualidade das edificações, erosões causadas por processo meteóricos, vazamento de esgotos, os quais não foram considerados no estudo.

Destaca que a interrupção do deslocamento do teto resultará na redução exponencial da taxa de subsidência para menos de 2 metros.

De acordo com as conclusões, a subsidência futura pode resultar em mais fissuras na direção externa se os resultados do processo de mitigação em andamento não forem eficazes, porém sem ultrapassar os intervalos limites estabelecidos.

O estudo apresenta ainda as conclusões da simulação por meio de modelagem 2D (fase 3) do preenchimento das cavidades, indicando que aquelas, não avaliadas por ecometria e que estariam preenchidas com detritos do deslocamento de teto afetam significativamente a subsidência do campo e parecem ter fornecido o suporte de tensão para retardar a subsidência.

O estudo indica que os enchimentos de areia planejados para as cavidades M#04, M#07, M#17 e M#19, podem ter um efeito mínimo na mitigação de subsidência futura e deslocamento do teto.

Segundo se verifica nas conclusões do estudo, considerando que a maior parte do preenchimento provavelmente será do volume fora da camada de halita, apenas uma pequena porção de preenchimento na halita pode não ser suficiente para retardar a fluência do sal, supostamente um dos principais mecanismos de subsidência.

As conclusões ressaltam ainda que o deslocamento de teto nos extratos fora da camada de halita pode ser considerado baixo a médio, porém o deslocamento adicional no teto das cavidades de halita, caso não haja um processo adicional de mitigação pode reduzir a diferença de tensão entre as cavidades e as camadas de sal circundantes.

Relatório de Monitoramento de Vibração Superficial – Brain Engenharia – (2636635)

De acordo com as conclusões do relatório, os resultados do monitoramento das vibrações ficaram dentro dos limites estabelecidos pelas normas consideradas.

Relatório de monitoramento da instrumentação – Fulgro (2636636)

O relatório das observações obtidas dos instrumentos instalados para monitorar os eventos sísmográficos, incluindo 4 (quatro) inclinômetros, 13 tiltímetros e a rede de microsísmica composta por 10 estações, concluiu que os movimentos não mostraram convergência para uma direção, não possibilitando indicar tendência de movimentação específica na área.

O instrumento TIL-500-07 registrou movimentos atribuídos à interferência antrópica, mais precisamente, algumas sondagens executadas no período, próximas à região deste não relacionados a movimentos do terreno.

Segundo o mencionado relatório, a atividade microsísmica detectou 339 eventos classe A e 3 eventos classe B, caracterizando um aumento significativo em relação às leituras dos meses anteriores que apresentaram diminuição gradual do número de eventos registrados, sendo esses eventos de pequena magnitude.

Relatório Técnico - IDS Brasil/TER Altamira (2636637)

De acordo com o relatório de monitoramento dos deslocamentos do terreno por imagens multi-temporais de radar captadas pelo satélite TerraSAR-X a partir do processamento de multi-interferogramas com atualização de abril de 2021 dos resultados em geometrias ascendente e descendente e decomposição Vertical e Leste-Oeste, foram verificados deslocamentos importantes nos bairros Mutange, Bebedouro, Pinheiro e Bom Parto, com deslocamento vertical mais intenso na região das margens da lagoa Mundaú, a área da mina operada pela Braskem S. A.

Segundo o mencionado relatório, há uma leve desaceleração do movimento vertical na região mais central da área de maior deformação de acordo com as observações dos meses mais recentes. A maior velocidade detectada chegou a 247,20 mm/ano e o deslocamento atingiu – 464,50 mm, no limite nordeste do polígono observado, bairro Pinheiro.

O estudo mostrou ainda deslocamentos horizontais importantes na direção oeste cujo deslocamento máximo chegou a -176 mm a uma velocidade de -96,50 mm/ano.

Também mostram um movimento intenso no bairro Bom Parto próximo à lagoa Mundaú com deslocamento vertical máximo de -134,90 mm e deslocamento horizontal acumulado na direção oeste de -105,5 mm, com velocidade de -60 mm/ano.

Relatório Mensal de Deformação do Solo Análise na Área de Maceió – GEOAPP (2636638 - 2636639)

O relatório da GEOAPP que resume os principais resultados da análise das deformações do solo com base em dados de monitoramento obtidos do satélite InSar e dados de D-GPS fornecidos pela Braskem até abril de 2021 indica que os dados em conjunto mostram um campo de deformação com vetores de deslocamento no formato de funil contínuo e regular apontando para a parte central da área dos poços, com movimentos quase verticais acima das cavernas e fortes componentes horizontais ao redor das áreas.

A análise indicou uma correlação direta entre os dados do InSar e D-GPS, ambos apontando variações sem tendência específica em relação aos valores verificados nas medições apresentadas em relatórios anteriores.

Integridade hidráulica de longo prazo das cavernas 30, 31, 32 de Maceió P&A e 35, equipado com medidores P e T in-situ – WEP (2636640 e 2636641)

O relatório indicou que as cavidades analisadas estão localizadas em cotas suficientemente profundas para produzir estabilidade mecânica sustentável, visto estarem inteiramente na camada salina com teto de no mínimo 77, 108, 62 e 94 m de espessuras respectivamente.

Relatório consolidado dos estudos realizados por entidades especializadas na área de salmoura de Maceió – BRGM (2719073 e 2784983)

O relatório apresentado foi elaborado pelo BRGM por solicitação da titular com o objetivo de sintetizar os relatórios elaborados pelas diversas consultoras contratadas, visando inferir as principais conclusões.

O referido relatório está estruturado em duas partes, sendo a primeira relacionada à constituição do local com abordagem sobre as configurações geológicas e estratigráficas presentes, caracterização de falhas, tectônica e sismicidade, geofísica, hidrologia e hidrogeologia.

A segunda foi dedicada à subsidência em geral abordando a contribuição das cavidades resultantes da extração de sal.

Foram analisados os relatórios produzidos pelos seguintes grupos de consultoria:

- ACCMS, um consórcio de pesquisadores da Universidade de São Paulo e do Imperial College of London. O ACCMS forneceu material técnico substancial, análise fenomenológica, descrição dos dados disponíveis e modelagem, além de sugestões sobre como atenuar os riscos.
- O BRGM, Serviço Geológico Francês. O BRGM emitiu várias notas de especialistas sobre assuntos técnicos específicos, como o comportamento das cavernas de sal, abordagem analítica para subsidência, formação de crateras, levantamentos por sonar, deformação e monitoramento.
- GEOAPP, empresa privada italiana especializada no processamento de grandes conjuntos de dados com foco na segurança e prevenção de riscos geotécnicos. A GEOAPP apontou deslocamentos de superfície principalmente por meio de análise de dados de interferometria por radar de abertura sintética (InSar).
- UH - Universidade de Houston A UH focou na interpretação de dados geofísicos e trouxe análises sobre sismicidade e subsidência.
- IFG - Institut für Gebirgsmechanik GmbH, uma empresa alemã independente que fornece serviços geomecânicos para mineração subterrânea, descarte e armazenamento em cavidades subterrâneas e, em particular, em formações salinas. O IFG compilou dados sobre cavernas de sal, forneceu modelagem geomecânica e formulou um conjunto de recomendações baseadas em cálculos numéricos.
- NGI - Instituto Geotécnico da Noruega. O NGI avaliou os dados de deslocamentos de superfície, compilou os resultados de modelagem geomecânica relacionados à subsidência e estudou o impacto em edificações.

Inicialmente, foram detectadas algumas divergências relativas às abordagens de uma para outra organização e identificada a complexidade dos fenômenos estudados, ressaltando que os mecanismos envolvidos nas causas dos distúrbios encontrados na área estudada, são complexos e de diferentes origens.

No contexto da análise, o BRGM apresenta observações acerca das metodologias de avaliação e resultados apresentados por cada um dos institutos citados.

Cabe ressaltar o enfoque dado, em especial, às medidas previstas para fechamento da mina, especificamente para cada um dos grupos de cavidades (frentes de lavra), de acordo com o proposto pela titular, com base nos estudos apresentados, com as seguintes configurações:

- Grupo 0 - O estado dos tetos de quatro cavernas (Poços #5, #6, #8 e #14) deve ser confirmado por meio de investigações geofísicas relevantes de poços auxiliares disponíveis.
- Grupo 1 - Dezoito cavernas têm tetos de sal.
- Grupo 2 - Oito cavernas (Poços 3, 4A, 15, 20D, 21D, 24D, 29D e 34D) não têm teto de sal e não experimentaram migração significativa para as camadas superiores.
- Grupo 3 - Além disso, a SSO21 mencionou que cinco cavernas (Poços 7, 11, 17, 19D e 25D) têm diâmetros grandes, sem teto de sal e migraram por uma distância “considerável” acima do sal.

Segundo o BRGM o abandono do conjunto de cavidades geraria dois problemas:

1. o recalque final se nenhuma caverna fosse tamponada, poderia ser 2 a 3 vezes maior do que é agora, com os possíveis distúrbios correlatos ao nível do solo;
2. o comportamento futuro da salmoura ainda presente nas cavernas.

De acordo com a análise, a taxa de fechamento por fluência de uma cavidade torna-se progressivamente mais lento quando esta é pressurizada, ressaltando que em pelo menos 18 cavidades houve a despressurização pelo rompimento do poço.

Afirma ainda, que cavidades sem teto de sal não podem ter os acessos tamponados definitivamente e infere que três opções de fechamento podem ser consideradas:

1. Manter e monitorar o campo de salmoura, pois é a opção mais simples, com o preenchimento de algumas cavidades, tamponamento do acesso de outras com o controle de pressão, na expectativa do fechamento da cavidade por fluência, o que pode ocorrer no intervalo de vários anos, podendo sofrer influência de distúrbios externos e podendo resultar em subsidência e danos a estruturas em superfície pela migração da salmoura;
2. Acelerar a subsidência e evitar mais poluição da camada sobrejacente. O relatório afirma que essa opção apresenta vantagens, no entanto, ressalta que o comportamento mecânico do campo de salmoura ainda não é totalmente compreendido, apontando que há risco de desencadear efeitos indesejáveis, especialmente em cavernas sem teto de sal.
3. A opção 3, consiste no detalhamento das medidas contidas na opção 1, que prevê o preenchimento das quatro cavidades que se elevaram para as camadas superiores, fazendo o tamponamento das cavernas com teto de sal.

Ressalta, no entanto, desvantagens com a adoção da opção 3, tais como: recalques diferenciais no maciço rochoso, pressões diferenciais entre cavernas, assim como risco de criação de conexões hidráulicas. Chama atenção para o risco significativo de que as cavernas tamponadas não permaneçam estanques.

O relatório também afirma que, em qualquer caso, um tamponamento rápido e irreversível não é recomendado, indicando como melhor opção, fechar os poços e monitorar a evolução da pressão ao longo de vários anos, sem o fechamento definitivo.

Acompanhamento das ações de preenchimento das cavidades (backfilling)

Os dados demonstrados apresentados no **Quadro 2** foram compilados do relatório consolidado mensal de fechamento de julho/2021 (SEI 2761836 – Tabela 33) e dos últimos 3 sonares realizados (SEI 1911531 ; 2716760 e 2804789) referentes ao preenchimento da frente de lavra M#07 e o monitoramento da cavidade.

Quadro 2 - Volume de Injeção mensal e acumulado e dados da cavidade #07 (sonar)

Período	Injetado (m³)	Acumulado (m³)	Aferições da cavidade (sonar)		
			Volumes (m³)	Teto (m)	Piso (m)
Novembro/2020	10,43	10,43	(30/10/2020) 334.137,9	710,3	818,4
Dezembro/2020	2.398,19	2408,61			
Janeiro/2021	4.331,94	6.740,55			
Fevereiro/2021	5.204,31	11.944,87			
Março/2021	6.915,63	18.860,49	(16/03/2021) 329.769,0 (- 4.363,9)	701,5 (+8,8)	816,6 (+1,8)
Abril/2021	7.734,29	26.599,78			
Maio/2021	15.483,90	42.078,68			
Junho/2021	28.598,50	70.677,19	(25/07/2021) 294.264,0 (- 35.505,0) Acumulado (- 39.873,9)	701,5 (zero) (+8,8)	787,6 (+29,0) (+30,8)

Analisando os dados verificou-se que, conforme foi informado pela empresa no relatório, o volume de areia injetado, até o momento, não produziu um efeito de mesma magnitude na redução de volume da cavidade. Após uma injeção totalizada da ordem de 70.000 m³ de areia ao final de julho/2021, foi detectada uma redução de volume acumulada da cavidade de cerca de 40.000 m³.

Entendemos que tal fato se deve ao consumo de areia para o preenchimento de locais que não são passíveis de detecção pelos exames de sonar, sejam estes possíveis “pontos cegos”, bem como os vazios existentes entre os fragmentos sólidos que compõem o piso da cavidade, uma vez que estes não são passíveis de detecção. Existe a expectativa de que, uma vez saturados os referidos espaços, ocorra uma correspondência mais próxima entre os volumes injetados e seu efeito na redução do volume da cavidade medida nos levantamentos ecométricos de sonar.

Os dados demonstraram que não foi detectado avanço do teto da cavidade em direção à superfície, permanecendo na mesma profundidade nos 3 (três) últimos meses, o que indica uma possível estabilização.

Situação do Plano de Fechamento de Mina – PFM

O **Quadro 3**, mostra a situação das medidas de fechamento previstas no PFM para todas as cavidades, ordenadas de acordo com a condição de execução, conforme relatórios consolidados dos meses de maio e junho.

Quadro 3 – Situação do Plano de Fechamento de Mina

Frente	PFM Proposto	Tipo de Fechamento	Aprovado	Condição	Relatório de Execução
M#01	Não existia SEI	Fechamento c/ Piezômetro	Sim	Executado	Sim (SEI 2518285)
M#30D	Não existia SEI	Fechamento c/ Piezômetro	Sim	Executado	Sim (SEI 1303200)
M#31D	Não existia SEI	Fechamento c/ Piezômetro	Sim	Executado	Sim (SEI 1303201)
M#32	Não existia SEI	Fechamento c/ Piezômetro	Sim	Executado	Sim (SEI 1579584)
M#35D	Não existia SEI	Fechamento c/ Piezômetro	Sim	Executado	Sim (SEI 1677826)
M#02	Não existia SEI	Fechamento c/ Piezômetro	Sim	Em execução	Não
M#09	(SEI 1237539)	Fechamento c/ Piezômetro	Sim	Em execução	Não
M#10	Não existia SEI	Fechamento c/ Piezômetro	Sim	Em execução	Não
M#13	Não existia SEI	Fechamento c/ Piezômetro	Sim	Em execução	Não
M#18D	(SEI 1247638)	Fechamento c/ Piezômetro	Sim	Em execução	Não
M#26D	(SEI 1247638)	Fechamento c/ Piezômetro	Sim	Em execução	Não
M#27D	Não existia SEI	Fechamento c/ Piezômetro	Sim	Em execução	Não
M#28D	(SEI 1247638)	Fechamento c/ Piezômetro	Sim	Em execução	Não
M#33D	(SEI 1347902)	Fechamento c/ Piezômetro	Sim	Em execução	Não
M#03	(SEI 1579575)	Monitoramento	Sim	Em execução	Não
M#11	(SEI 0779505)	Monitoramento	Sim	Em execução	Não
M#15	(SEI 1424718)	Monitoramento	Sim	Em execução	Não
M#20D	Não existia SEI	Monitoramento	Sim	Em execução	Não

M#21D	(SEI 1424718)	Monitoramento	Sim	Em execução	Não
M#25D	(SEI 1454072)	Monitoramento	Sim	Em execução	Não
M#29D	(SEI 1424718)	Monitoramento	Sim	Em execução	Não
M#34D	Não existia SEI	Monitoramento	Sim	Em execução	Não
M#07	Não existia SEI	Enchimento	Sim	Em execução	Não
M#19D	Não existia SEI	Enchimento	Sim	Em execução	Não
M#04A	Não existia SEI	Enchimento	Sim	Não iniciado	Não
M#05	Não protocolado	Não definido	Não	Não iniciado	Não
M#06	Não protocolado	Não definido	Não	Não iniciado	Não
M#08	Não protocolado	Não definido	Não	Não iniciado	Não
M#12	(SEI 1237539)	Fechamento c/ Piezômetro	Sim	Não iniciado	Não
M#14	Não protocolado	Não definido	Não	Não iniciado	Não
M#16	(SEI 1237539)	Fechamento c/ Piezômetro	Sim	Não iniciado	Não
M#17	Não existia SEI	Enchimento	Sim	Não iniciado	Não
M#22	(SEI 1347902)	Fechamento c/ Piezômetro	Sim	Não iniciado	Não
M#23	SEI (1255758)	Fechamento c/ Piezômetro	Sim	Não iniciado	Não
M#24D	Não protocolado	Monitoramento	Não	Não iniciado	Não

Conforme **Quadro 3**, resta ainda pendente, a protocolização das complementações do Plano de Fechamento de Mina para as cavidades M#05, M#06, M#08, M#14 e M#24, visando posterior análise e eventual aprovação pela ANM. De acordo com o relatório consolidado, para estas frentes de lavra foram realizadas perfilações geofísica vertical e tomografia geofísica, devido à falta de acesso à cavidade. Tais estudos, ainda em fase de execução em algumas dessas frentes de lavra, segundo informa a titular, encontram-se na etapa de análise de dados e elaboração de relatório conclusivo, estando pendente a complementação do PFM com as medidas a serem adotadas para o fechamento.

De acordo com informações da titular, o enchimento da frente M#07 atingiu ao final de junho de 2021, um volume acumulado de cerca de 71 mil m3 de areia injetada, representando 9% do volume total previsto para injeção. Alguns problemas operacionais ocorridos Medidas de engenharia estão sendo adotadas para sanar os problemas operacionais verificados até o momento de forma que seja possível operar com vazões muito superiores a atual, permitindo acelerar o processo de preenchimento das cavidades e, consequentemente, atender ao cronograma previsto.

A informação atualizada para a FL M#15, indica, a partir dos resultados do último exame de sonar, que houve um acréscimo na profundidade do teto em relação à medição anterior. Em execução a medida de monitoramento regular por meio de sonar, a fim de obter mais informações sobre a possível migração ascendente da cavidade.

Em relação à FL M#18D, a titular informa que o plano de fechamento dessa frente de lavra será reavaliado, haja vista que em maio de 2021, foi iniciada a intervenção com o objetivo de acessar a cavidade para a realização do exame de sonar. Contudo, durante o processo de corte do tampão provisório de cimento, constatou-se que a cavidade se encontra despressurizada, impossibilitando assim, seguir com o plano de fechamento.

Em relação às FL M#20D e M#21D, em execução o monitoramento regular por meio de sonar, a fim de obter mais informações sobre a possível migração ascendente das cavidades.

A FL M#25 encontra-se ainda sob avaliação, aguardando a evolução para posterior decisão sobre eventual preenchimento, haja vista que o último exame de sonar, realizado em junho de 2021, revelou uma cavidade totalmente fora da camada salina.

A FL M#27, após o último exame de sonar realizado, mostrou-se despressurizada, sendo que a titular informa a reavaliação das medidas de fechamento propostas em de 30/07/2020 (SEI nº 2296329), as quais foram aprovadas conforme Ofício 09/2019/GER-AL.

As FL M#29 e M#34, segundo reportado no relatório consolidado, revelaram uma migração ascendente em relação às medições anteriores, estando aguardando novas medições para a definição das medidas de fechamento a serem adotadas.

CONCLUSÕES

Após análises e avaliações do GT de toda a documentação técnica apresentada pela Braskem S.A neste período, conclui-se que:

- As atividades de fechamento da mina, até o momento, têm sido executadas de acordo com o cronograma apresentado.
- Com base na análise dos dados apresentados, a taxa de preenchimento da Frente de Lavra M#07 não apresenta, até o momento, correspondência com a taxa de redução do volume da cavidade.
- A discrepância observada, segundo entendimento do GT, pode estar relacionada ao preenchimento de vazios não detectados pelos levantamentos ecométricos, sejam estes localizados em "pontos cegos", sejam relacionados ao volume resultante do empolamento do material disposto no piso da cavidade devido ao processo de deslocamento do teto.
- Não há elementos que permitam identificar, de acordo com os relatórios apresentados, uma redução significativa no movimento vertical em decorrência das medidas adotadas até o presente, seja o enchimento da cavidade M#07 ou relativos às demais medidas adotadas.
- Também não é possível identificar a interrupção dos movimentos longitudinais, havendo indicações imprecisas sobre eventuais acelerações ou desacelerações.

Dentre as medidas e opções possíveis para o fechamento, que foram abordadas no Relatório da BRGM (2719073 e 2784983) a estratégia de fechamento adotada hoje pela empresa corresponde ao seguinte cenário:

- preenchimento ("backfilling") das cavidades críticas (de maior risco) que ascenderam significativamente para fora da camada de sal;
- tamponamento provisório e monitoramento das cavidades sem teto salino e que não tiveram ascensão significativa, uma vez que estas não permitem pressurização definitiva;
- tamponamento e monitoramento das cavidades com teto salino, que possuem expectativa de pressurização, sobretudo aquelas com teto salino superior a 50 metros.

Em relação às cavidades não encontradas, que possivelmente sofreram preenchimento natural, ainda não foi definida a estratégia de fechamento. Em tais cavidades, não existem informações sobre a qualidade do teto ou quantidade de salmoura residual.

As análises apontam para um risco muito baixo ou mesmo inexistente de formação de crateras relacionadas com ruptura catastrófica (efeito pistão), ascensão de cavidades para estratos próximos da superfície e/ou fluência de sedimentos superficiais para o interior das cavidades (efeito ampulheta).

A estratégia de fechamento adotada visa frear ou suavizar a taxa de subsidência, aguardando a expectativa de pressurização definitiva ou o fechamento da cavidade pela fluência do sal.

Entretanto, tal estratégia pode demandar um aumento significativo de tempo para a estabilização.

Ainda não é possível uma previsão consistente do tempo necessário para alcançar a estabilização desejada, podendo demandar anos ou décadas.

RECOMENDAÇÕES

Considerando as análises e conclusões do GT no presente parecer, recomenda-se à Gerência Regional da ANM em Alagoas, manter o

acompanhamento das atividades de monitoramento e as medidas em execução para o fechamento das frentes da lavra, conforme proposto pela titular.

Sugere-se ainda, nos casos necessários, realizar a devida comunicação ao GT.

Brasília, 09 de agosto de 2021.

Roger Romão Cabral
SIAPE nº. 453040
Eng. de Minas
Coordenador

David de Barros Galo
SIAPE nº. 1815130
Eng. de Minas
Membro

Selmar Almeida de Oliveira
SIAPE nº. 1816069
Eng. de Minas
Membro

Sergio Luiz Klein
SIAPE nº. 1246478
Eng. de Minas
Membro



Documento assinado eletronicamente por **Roger Romão Cabral, Plano Especial de Cargos (art. 3º da Lei 11.046/2004)**, em 09/08/2021, às 15:46, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no § 3º do art. 4º do Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020.



Documento assinado eletronicamente por **Selmar Almeida de Oliveira, Especialista em Recursos Minerais (art. 1º da Lei 11.046/2004)**, em 09/08/2021, às 15:55, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no § 3º do art. 4º do Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020.



Documento assinado eletronicamente por **José Jaime Sznclwar, Superintendente de Produção Mineral**, em 09/08/2021, às 18:31, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no § 3º do art. 4º do Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020.



Documento assinado eletronicamente por **David de Barros Galo, Especialista em Recursos Minerais (art. 1º da Lei 11.046/2004)**, em 09/08/2021, às 21:05, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no § 3º do art. 4º do Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020.



Documento assinado eletronicamente por **Sérgio Luiz Klein, Especialista em Recursos Minerais (art. 1º da Lei 11.046/2004)**, em 10/08/2021, às 08:21, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no § 3º do art. 4º do Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020.



A autenticidade do documento pode ser conferida no site www.gov.br/anm/pt-br/autenticidade, informando o código verificador **2835220** e o código CRC **F9FAAC8D**.