


<u>ATUALIZAÇÃO DO RELATÓRIO DE EXECUÇÃO DO FECHAMENTO DA FRENTE DE LAVRA M#01</u>				
ÁREA : Mineração	Pág. : 1	Nº Rev. : 00	Data :15/11/2021	Por: Alex Cardoso



UN Vinílicos

MINERAÇÃO

**RELATÓRIO DE EXECUÇÃO DO
FECHAMENTO DA FRENTE
DE LAVRA M#01**

ATUALIZADO


Emitentes: Alex Cardoso Silva

Área/Unidade: Mineração

Data: 15/11/2021

Distribuição: Mineração, ANM

Palavras-chave:

<u>ATUALIZAÇÃO DO RELATÓRIO DE EXECUÇÃO DO FECHAMENTO DA FRENTE DE LAVRA M#01</u>				
ÁREA : Mineração	Pág. : 2	Nº Rev. : 00	Data :15/11/2021	Por: Alex Cardoso

poços de sal, frente de lavra, tamponamento

SUMÁRIO

1. HISTÓRICO	3
2. INSTALAÇÃO DO PIEZÔMETRO E TAMPONAMENTO DEFINITIVO NO POÇO ORIGINAL M#01	4
3. INSTALAÇÃO DO PIEZÔMETRO NO POÇO AUXILIAR M#01A	5
4. REPOSICIONAMENTO DO PIEZÔMETRO NO POÇO AUXILIAR M#01A	8
5. DADOS DOS EQUIPAMENTOS INSTALADOS NA FRENTE DE LAVRA	9
6. RESUMO DAS CONDIÇÕES DA FRENTE DE LAVRA M#01A (ATUALIZADO EM 30/04/21)	9
7. RESUMO DAS CONDIÇÕES DA FRENTE DE LAVRA M#01A (ATUALIZADO EM 24/09/21)	10
8. DESENHO ESQUEMÁTICO DO POÇO M#01A (ATUALIZADO EM 30/04/2021)	11
9. DESENHO ESQUEMÁTICO DO POÇO M#01A (ATUALIZADO EM 24/09/2021)	12

ATUALIZAÇÃO DO RELATÓRIO DE EXECUÇÃO DO FECHAMENTO DA FRENTE DE LAVRA M#01			Braskem	
ÁREA : Mineração	Pág. : 3	Nº Rev. : 00	Data :15/11/2021	Por: Alex Cardoso

1. HISTÓRICO

A frente de lavra M#01 situa-se na avenida Major de Góes Monteiro no bairro do Mutange, área urbana da cidade de Maceió. O acesso à referida frente de lavra ocorre por meio do poço de sal M#01 que é do tipo vertical. A cavidade está localizada nas coordenadas 25L UTM 198.362,2 mE e 8.933.573,05 mN (datum SIRGAS 2000).

O poço M#01 foi construído em outubro de 1967 com 1.162m de profundidade, como poço de pesquisa, mas foi completado para a produção de salmoura apenas em 1975. A operação da frente de lavra foi iniciada em dezembro de 1975, sendo desativada em setembro de 1991, por meio do bloqueio de válvulas na cabeça do poço, após 16 anos de operação.



Figura 1 – Localização dos poços de sal M#01 e M#01A

Em 2019, uma inspeção na frente de lavra M#01 foi realizada por meio do exame de sonar, além dos perfis de gama-ray, temperatura, inclinação e giroscópio. Esse último revelou que o revestimento cimentado de 9 5/8" apresentava uma deformação em 370m de profundidade (figura 2), situação que poderia evoluir rapidamente para o cisalhamento total do poço. É importante ressaltar que o cisalhamento da tubulação de um poço é uma condição indesejada, haja vista que torna a

ATUALIZAÇÃO DO RELATÓRIO DE EXECUÇÃO DO FECHAMENTO DA FRENTE DE LAVRA M#01			Braskem	
ÁREA : Mineração	Pág. : 4	Nº Rev. : 00	Data :15/11/2021	Por: Alex Cardoso

cavidade salina inacessível pela tubulação previamente existente, além de promover a despressurização imediata dela.

Figura 2 – Perfil de inclinação do poço M#01




Em 2019, a cavidade da frente de lavra M#01 encontrava-se totalmente dentro da camada salina e ainda estava acessível através do poço original. Diante desse fato, e associado ao risco de cisalhamento da tubulação, a consultoria SSO recomendou o tamponamento do poço com o objetivo de criar uma barreira física entre o poço e o topo da cavidade salina, a fim de eliminar a conexão hidráulica entre eles, impedindo assim, a despressurização da cavidade salina caso ocorra cisalhamento das tubulações.

O tamponamento provisório foi realizado em agosto de 2019, cujo topo do cimento foi posicionado em 840m de profundidade.

2. INSTALAÇÃO DO PIEZÔMETRO E TAMPONAMENTO DEFINITIVO NO POÇO ORIGINAL M#01

Em setembro de 2019, foi apresentado o plano de fechamento da frente de lavra M#01 que foi aprovado pela ANM nesse mesmo ano. Diante do plano apresentado, a tubulação de 2 7/8" que protege os cabos do piezômetro deveria ser instalada em 930m de profundidade, entretanto, em função do tamanho das seções das tubulações, a sapata da coluna de 2 7/8" foi instalada em 933,3m. A posição do piezômetro também foi modificada de 932m (plano de fechamento) para 943m, em função do reposicionamento da sapata de 2 7/8". Após a instalação dos piezômetros, houve a injeção de 30 m³ de diesel no topo da cavidade salina.

<u>ATUALIZAÇÃO DO RELATÓRIO DE EXECUÇÃO DO FECHAMENTO DA FRENTE DE LAVRA M#01</u>				
ÁREA : Mineração	Pág. : 5	Nº Rev. : 00	Data :15/11/2021	Por: Alex Cardoso

As atividades de fechamento dessa frente de lavra foram realizadas entre os dias 1 de junho e 21 de julho de 2020. No entanto, durante o processo de desmobilização da sonda ocorreu a ruptura dos cabos dos piezômetros dentro do poço, condição que impediu a medição da pressão e temperatura dentro da cavidade. Esse evento passou por processo de verificação e, diante desse cenário, foi necessária a construção de um poço auxiliar para a instalação de novos piezômetros.

Diante deste incidente, se fez necessário realizar determinadas mudanças em relação ao projeto original de fechamento, protocolado em setembro de 2019, conforme abaixo listadas:

- a) Construção de um poço auxiliar;
- b) Realização de um novo sonar antes da instalação dos piezômetros, a fim de verificar a manutenção das dimensões da cavidade;
- c) Instalação dos piezômetros acoplados externamente à coluna de 2 7/8", a fim de torná-los removíveis e protegidos contra movimentos horizontais. Esta modificação é uma das recomendações da verificação realizada pela empresa Schlumberger. Em função da condição de mobilidade do equipamento nessa nova configuração, apenas um piezômetro foi instalado;
- d) Reposicionamento da sapata da coluna de 2 7/8" de 930m (projeto) para 933m;
- e) Reposicionamento dos piezômetros de 932m (projeto) para 943m, em função da padronização da distância de 10m entre a sapata da coluna e os piezômetros;
- f) Em função dos eventos de falha verificados no sistema de medição de pressão e temperatura, o fechamento foi realizado, no entanto, a cimentação definitiva do poço será realizada, no mínimo, após 1 ano de operação do piezômetro, a fim de permitir sua remoção em caso de falha do equipamento.

No dia 24 de agosto de 2020, foi iniciada a perfuração do poço vertical M#01A com o objetivo de reestabelecer o acesso à frente de lavra M#01, que havia sido cimentado após a primeira tentativa de instalação do piezômetro. A construção deste poço foi finalizada no dia 08 de setembro de 2020 com a instalação do revestimento de 7" em 891,0m de profundidade, 14,0m acima do topo da cavidade, que está localizado a 905,0m. Após esta etapa, foi realizada uma injeção do tampão provisório dentro do revestimento de 7", a fim de aguardar o início do processo de instalação do piezômetro.

3. INSTALAÇÃO DO PIEZÔMETRO NO POÇO AUXILIAR M#01A

No dia 28 de fevereiro de 2021, foi iniciado o processo de intervenção para instalação do piezômetro por meio do poço auxiliar M#01A, conforme modificações detalhadas anteriormente. As

ATUALIZAÇÃO DO RELATÓRIO DE EXECUÇÃO DO FECHAMENTO DA FRENTE DE LAVRA M#01			Braskem	
ÁREA : Mineração	Pág. : 6	Nº Rev. : 00	Data :15/11/2021	Por: Alex Cardoso

operações de intervenção foram realizadas pela sonda SPT-88 da empresa CONTERP, juntamente com a empresa Schlumberger que é responsável pela instalação do piezômetro.



Figura 3 – Revestimento 7” Biselado




Figura 4 – Cabeça de Produção Cameron



Figura 5 – Cabo fixado no tubo para teste

No dia 03 de março de 2021, após a instalação e verificação de todos os equipamentos de segurança de superfície foi iniciada a etapa de descida da coluna de perfuração para corte do tampão de cimento, com o objetivo de reestabelecer acesso à cavidade da frente de lavra M#01. O corte do tampão foi realizado em duas etapas: a primeira de 832m à 886m de profundidade, utilizando água doce com densidade de 8,3 lb/gal; a segunda de 886m até 920m de profundidade, utilizando fluido salino saturado com densidade entre 12 e 12,1 lb/gal, a fim de evitar o processo de despressurização da cavidade.

<u>ATUALIZAÇÃO DO RELATÓRIO DE EXECUÇÃO DO FECHAMENTO DA FRENTE DE LAVRA M#01</u>				
ÁREA : Mineração	Pág. : 7	Nº Rev. : 00	Data :15/11/2021	Por: Alex Cardoso

Antes da instalação do piezômetro, foram realizadas corridas de perfilagem, caliper, gamma-ray, CBL/VDL e USIT/IBC para avaliação da cimentação e integridade do revestimento de 7". Posteriormente, foi realizado o exame de sonar para avaliação da cavidade, cujo topo foi identificado à 905,0m de profundidade.

No dia 17 de março de 2021, o piezômetro foi posicionado em 944,96m de profundidade, fixado na coluna de 2 7/8" EU por meio de um mandril (figura 6). Após esta etapa, realizou-se uma perfilagem caliper e CCL para confirmar a posição da coluna de 2 7/8", cuja sapata ficou localizada à 946,96m de profundidade.



Figura 6 – Cabo fixado no tubo para teste

Após a conclusão da etapa de posicionamento e verificação da profundidade de instalação do piezômetro, foi realizado a montagem da árvore de natal.

ATUALIZAÇÃO DO RELATÓRIO DE EXECUÇÃO DO FECHAMENTO DA FRENTE DE LAVRA M#01			Braskem	
ÁREA : Mineração	Pág. : 8	Nº Rev. : 00	Data :15/11/2021	Por: Alex Cardoso



Figura 7 – Tubing Hanger



Figura 8 – Saída lateral WHO



Figura 9 – Árvore de natal


No dia 23 de março de 2021, o processo de instalação do piezômetro foi concluído, após a finalização da montagem da árvore de natal (Figura 9) e conexão do sistema na sala de controle.

4. REPOSICIONAMENTO DO PIEZÔMETRO NO POÇO AUXILIAR M#01A

No dia 14 de agosto de 2021 às 07:07h, o sistema de monitoramento da pressão e temperatura da cavidade apresentou um alerta de falha na comunicação com os servidores da Braskem. Diante do cenário, a equipe técnica iniciou as verificações com o objetivo de detectar a possível causa da falha. Após a verificação dos equipamentos de superfície, identificou-se que o problema de comunicação estava dentro do poço, sendo necessário, portanto, a desmontagem da coluna e remoção do piezômetro para verificação. Vale ressaltar que esta atividade de verificação, bem como a de manutenção só se faz possível devido à mudança de estratégia realizada anteriormente na qual foi definido que a etapa de tamponamento do poço definitivo do poço deve ser realizada após um período de acompanhamento do monitoramento.

No dia 20 de agosto de 2021, após a remoção do piezômetro do poço, constatou-se a presença de um dano no cabo, numa profundidade próxima ao topo da cavidade. Sendo assim, a empresa Schlumberger, responsável pela instalação e manutenção dos piezômetros, decidiu realizar a substituição do cabo, atividade que foi realizada em setembro de 2021.

Após a retirada do piezômetro, foram realizados testes de bancada onde constatou-se que o piezômetro estava em perfeito funcionamento. A interrupção do envio do sinal estava diretamente relacionada ao rompimento do cabo que interliga o piezômetro aos equipamentos de superfície. Por procedimento padrão, a empresa Schlumberger substituiu o piezômetro.

<u>ATUALIZAÇÃO DO RELATÓRIO DE EXECUÇÃO DO FECHAMENTO DA FRENTE DE LAVRA M#01</u>				
ÁREA : Mineração	Pág. : 9	Nº Rev. : 00	Data :15/11/2021	Por: Alex Cardoso

No dia 20 de setembro de 2021, após a realização do condicionamento do poço, iniciou-se a reinstalação do piezômetro, sendo concluída no dia 24 de setembro com a indicação de 121,03 BAR de pressão e 52,10°C de temperatura. O piezômetro foi reinstalado à profundidade de 877,93m, dentro do revestimento de 7". Esta nova recomendação tem como objetivo proteger o equipamento de eventuais choques mecânicos dentro da cavidade.

5. DADOS DOS EQUIPAMENTOS INSTALADOS NA FRENTE DE LAVRA

Cabo Elétrico PDG

P/N:	P485879
Tipo:	18 AWG 0.028" Single Conductor Stainless Steel Tube Square Encapsulation Lp System
S/N	107815-8 (original) / CMBR01103A-2 (substituído em 24/09/2021)
Comprimento no poço:	944.74 m (original) / 878m (substituído em 24/09/2021)
Comprimento no carretel:	1592m (original) / 1922m (substituído em 24/09/2021)

Sensor


P/N:	103014914
Tipo:	eSOI Single TUBING/TUBING, SINGLETITE, 4x40x14
Pressão máxima:	10 KPSI
Temperatura máxima:	150 degC
S/N	0201B2 (original) / 020157C (substituído em 24/09/2021)

Cabeça dos Sensores

P/N:	DHI-0189-A
S/N :	189144-10 (original) / 223620-21 (substituído em 24/09/2021)
Tipo:	Sealtite 10 Ksi.
Quantidade:	1

6. RESUMO DAS CONDIÇÕES DA FRENTE DE LAVRA M#01A (ATUALIZADO EM 30/04/21)

- Topo do sal = 879m (TVD)
- Sapata de 9 5/8" = 404,4m – cimentado até a superfície

<u>ATUALIZAÇÃO DO RELATÓRIO DE EXECUÇÃO DO FECHAMENTO DA FRENTE DE LAVRA M#01</u>				
ÁREA : Mineração	Pág. : 10	Nº Rev. : 00	Data :15/11/2021	Por: Alex Cardoso

- Sapata de 7" = 887,5m – cimentado da sapata até 414m.
- Topo da cavidade = 905,0 (TVD)
- Volume de diesel injetado = 30 m³
- Sapata de 2 7/8" EU = 946,96m
- Posição do piezômetro = 944,96m (TVD)
- Pressão inicial (23/03/2021) = 129,85 BAR
- Temperatura inicial (23/03/2021) = 51,81°C
- Pressão atual (26/04/2021) = 129,05 BAR
- Temperatura atual (26/04/2021) = 51,82°C

7. RESUMO DAS CONDIÇÕES DA FRENTE DE LAVRA M#01A (ATUALIZADO EM 24/09/21)

- Topo do sal = 879m (TVD)
- Sapata de 9 5/8" = 404,4m – cimentado até a superfície
- Sapata de 7" = 887,5m – cimentado da sapata até 414m.
- Topo da cavidade = 903,3 (TVD)
- Volume de diesel injetado = 30 m³
- Sapata de 2 7/8" EU = 880,52m
- Posição do piezômetro = 877,93m (TVD)
- Pressão atual (04/11/2021) = 127,76 BAR ⁽¹⁾
- Temperatura atual (04/11/2021) = 53,19°C

Nota ⁽¹⁾: Pressão corrigida para a profundidade inicial do piezômetro em 944,96m.

ATUALIZAÇÃO DO RELATÓRIO DE EXECUÇÃO DO FECHAMENTO DA FRENTE DE LAVRA M#01				Braskem
ÁREA : Mineração	Pág. : 11	Nº Rev. : 00	Data : 15/11/2021	Por: Alex Cardoso

8. DESENHO ESQUEMÁTICO DO POÇO M#01A (ATUALIZADO EM 30/04/2021)

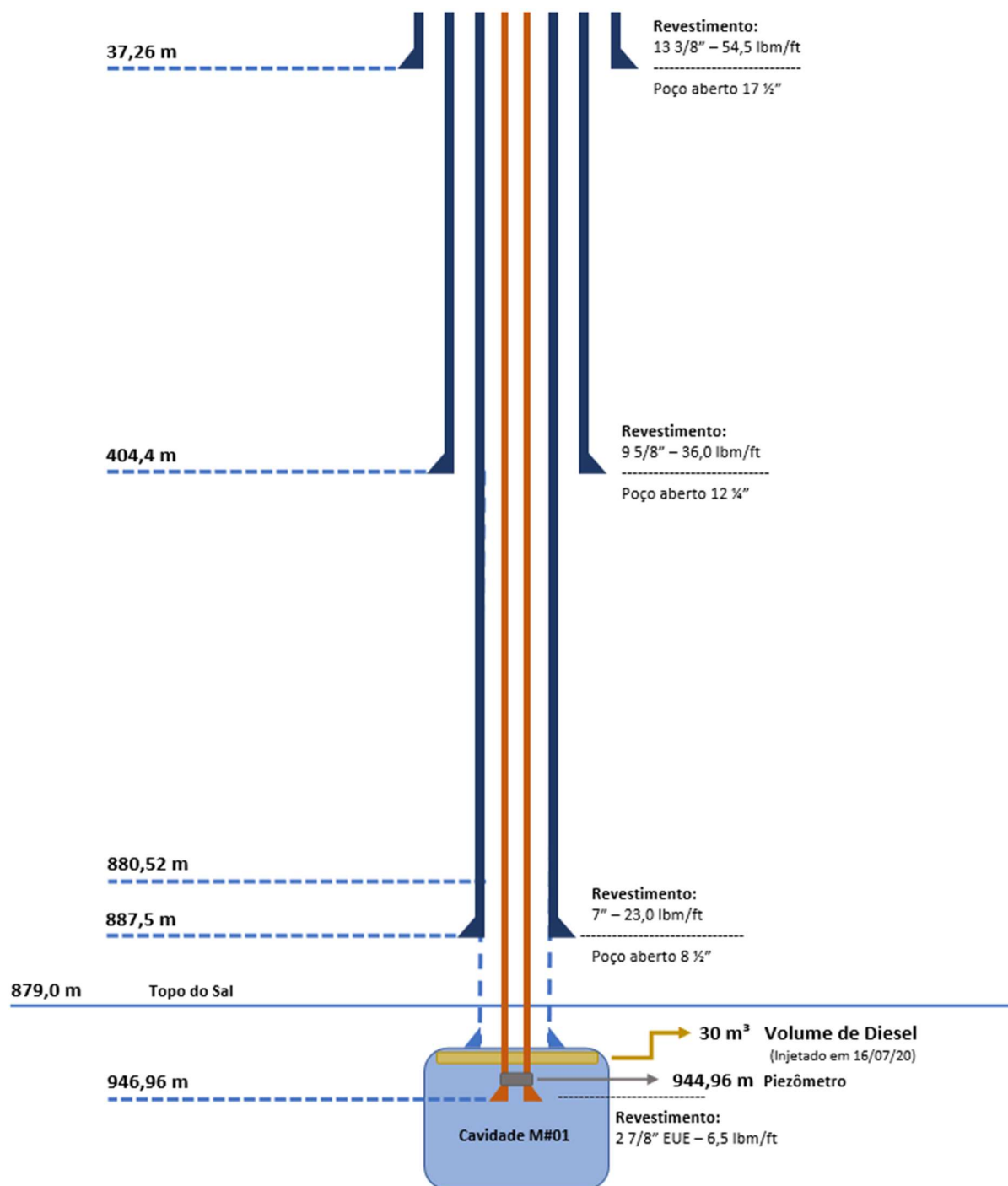



Figura 10 – Desenho esquemático M#01A

*As profundidades estão em MD e atualizadas em 30/04/2021.

ATUALIZAÇÃO DO RELATÓRIO DE EXECUÇÃO DO FECHAMENTO DA FRENTE DE LAVRA M#01				
ÁREA : Mineração	Pág. : 12	Nº Rev. : 00	Data : 15/11/2021	Por: Alex Cardoso

9. DESENHO ESQUEMÁTICO DO POÇO M#01A (ATUALIZADO EM 24/09/2021)

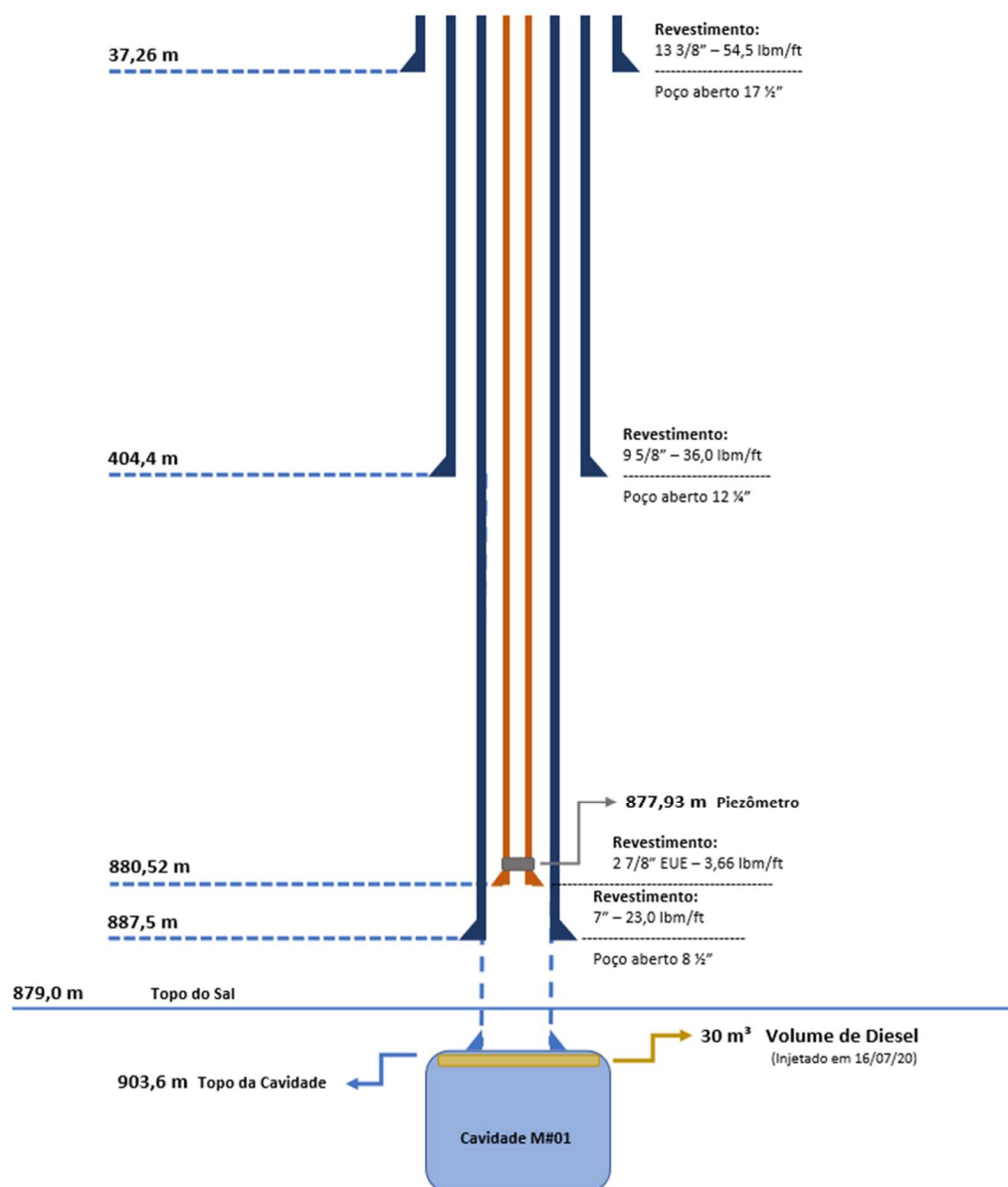



Figura 10 – Desenho esquemático M#01A

*As profundidades estão em MD e atualizadas em 24/09/2021.

Responsável técnico

Alex Cardoso Silva

Alex Cardoso Silva
Hidrogeólogo/ Engº de Minas

<u>ATUALIZAÇÃO DO RELATÓRIO DE EXECUÇÃO DO FECHAMENTO DA FRENTE DE LAVRA M#01</u>				Braskem 
ÁREA : Mineração	Pág. : 13	Nº Rev. : 00	Data :15/11/2021	Por: Alex Cardoso

CREA 050129202-0



Toldijk 17-19
P.O. Box 612
7900 AP Hoogeveen, Netherlands
Phone +31 528 22 77 10 or 11
Email: info@we-p.nl

MEMORANDUM

To: BRASKEM, Maceió, Brazil

Final 5-Nov-2021

Progress on backfilling mine 7

Author: dr. P.A. Fokker

Approved: P. Hoving



Progress sand injection in Mine 7 and interpretation of sonars

Between November 2020 and end of July 2021, sand has been injected in Mine (cavern) 7, via well 7AD. Brine returns come from well 7BD via an ESP (subsurface pump). In slightly over half a year, 92 000 m³ of sand has been injected in 7AD, in the definition of unconsolidated sand on a truck when loaded. See table 1. Within a cavern a deduction of 5-10% should be made to account for the dead weight of a sand pile and the consequential compaction of the sand. Effectively about 85 000 m³ of cavern size reduction should be seen, unless other effects play a role. During 2021 some roof-fall has occurred of 10-20 m locally, slightly damaging the casings and tubings. For this reason, the sonar survey had been switched from 7AD to 7BD, most likely changing the visible part of the cavern somewhat.

	Injected (m ³)	TOTAL (m ³)
November/2020	10	10
December/2020	2398	2409
January/2021	4332	6740
February/2021	5204	11945
March/2021	6916	18860
April/2021	7734	26595
May/2021	15484	42079
June/2021	28589	70668
July/2021	21334	92002

Table 1: Injected sand volumes upto July 2021

Counting from Oct 30, 2020, the reported cavern volume was reduced from 334,000 m³ to 294,000 m³ on July 21, 2021 (measured via well M7BD) and 281,000 m³ on Aug 12, 2021 (measured via well M7AD) a volume reduction of about 45,000 m³ on July 31, 2021. This excludes the additional volume reduction that would be a direct result of the roof-fall, since fallen down blocks of rock consume more volume than intact parts. Some 5,000 m³ cavern reduction would be a result of roof fall alone.

Plotting old and new cavern shapes in the same figure (Fig 1 and 2), does not lead to the idea that the newer sonars pick up formerly undetectable volumes, for instance volumes from the hydraulically connected cavern 19. Comparing (less thoroughly) other cross sections between the old and new sonar surveys also are not indicative of the latest sonar from 7BD picking up volumes that were formally hidden from view by the sonar from 7AD. Most likely cavern 19 (or what is left of it after migrating upward) is not influencing the sand filling of cavern 7 at all since most of the volume will be out of the range of potential sand flows, assuming the sand velocities at the cavern bottom are too slow to maintain a mobile slurry phase. See Figure 3.

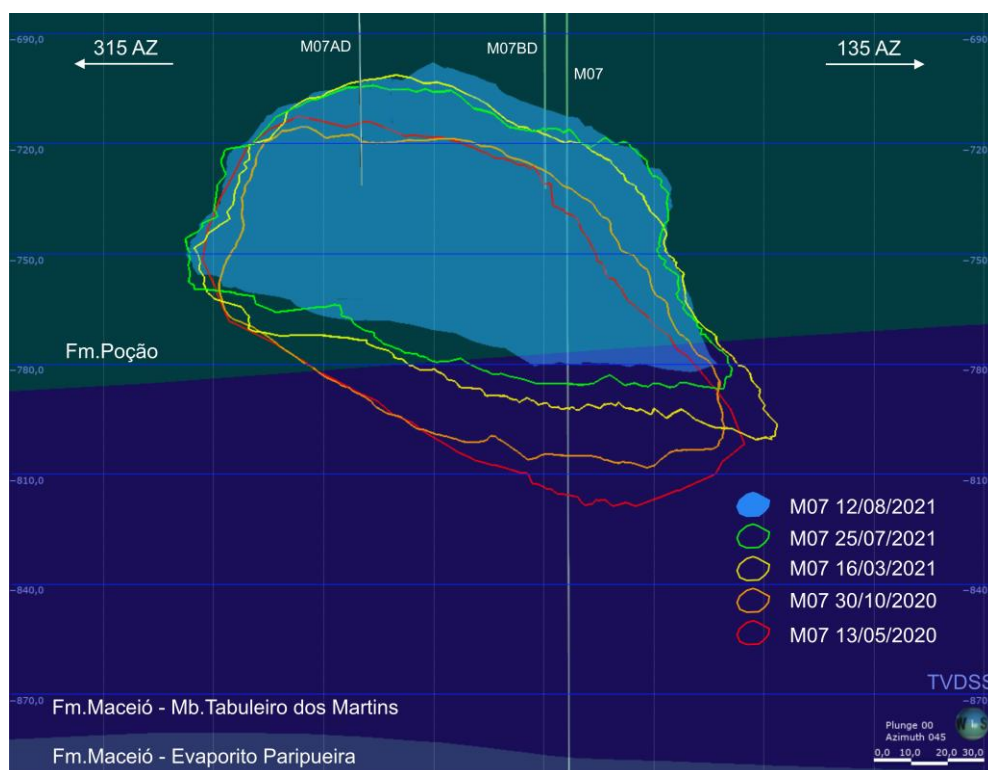


Figure 1. Cavern outlines (azimuth of largest dimensions) between May 2020 and Aug 2021. The wells positions are indicative (projection). Source: Braskem

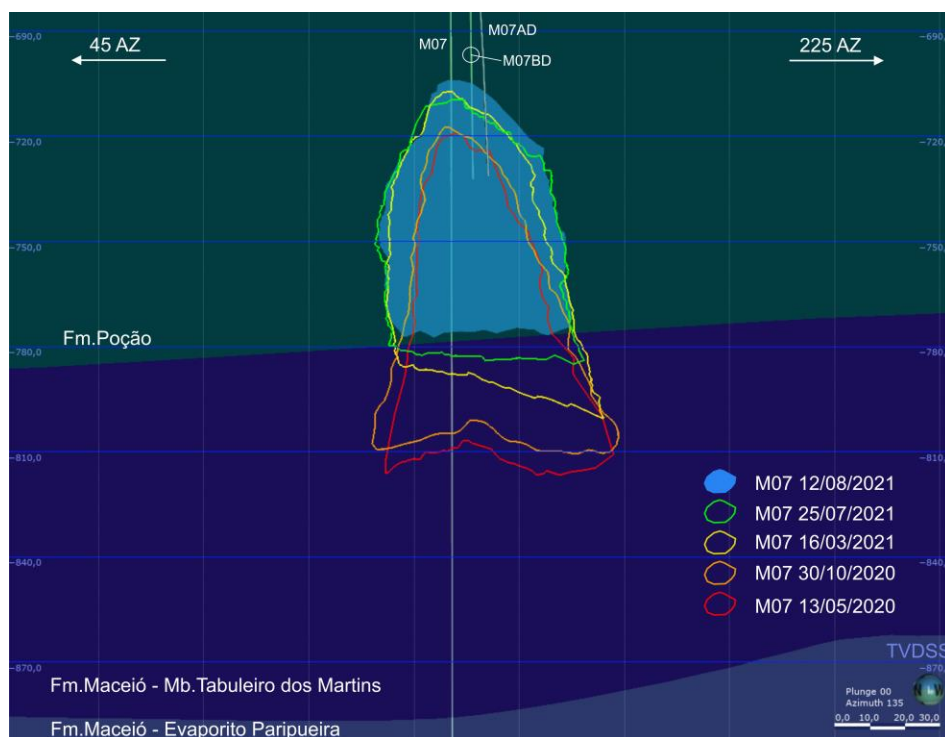


Figure 2. Cavern outlines (perpendicular to Fig 1) between May 2020 and Aug 2021. The wells positions are indicative (projection). Source: Braskem

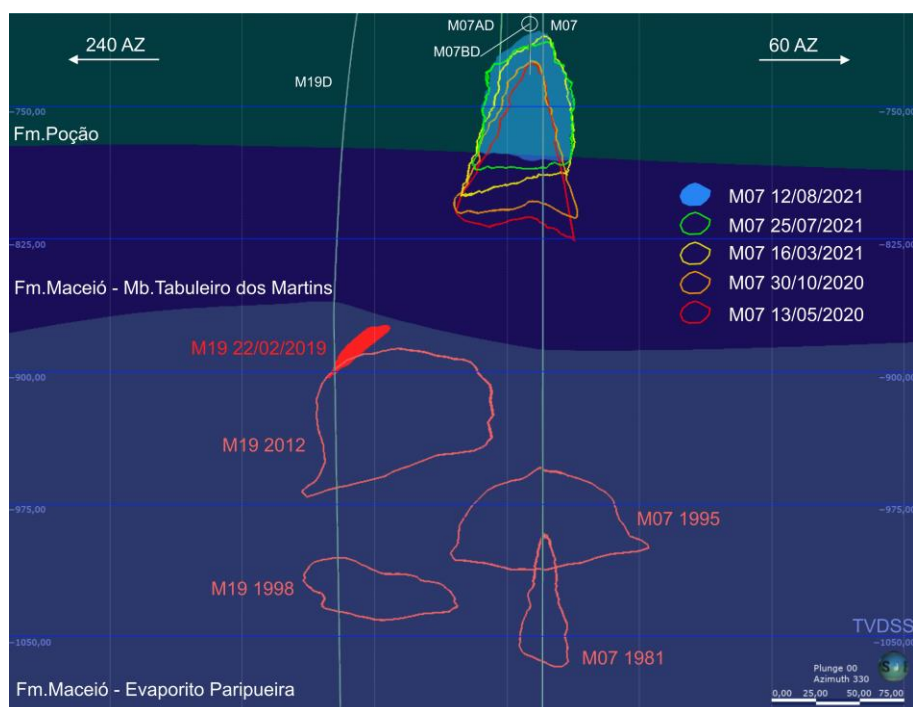



Figure 3. Cavern outlines between 1981 and 2021, including the last known outlines of cavern 19 in 2019. Source: Braskem

What perhaps has been underestimated somewhat in earlier sand filling studies, is that the sump most likely has an extra porosity (volume between large blocks of roof fall material) of 10-30%, basically resulting from the bulking factors 1.1-1.3 of unconsolidated material (top 10-30 meters of sump), accessible to sand. Fine sand grains can drop or flow down into the cavities and fill some of this pore space and become invisible from sonar. Due to the sand filling, the sump does become a bit more supportive for future weights in the form of injected sand volumes or future roof fall occurrences. In this sense, the missing sand volumes are not fully ineffective for sand filling. This could explain the about 45,000 m³ injected volume that appears to be invisible (not counting the bulking effect of the roof-fall occurrence). The effect is temporary to a large extent as only part of the sump porosity can be filled with sand, since sand flow easily clog the major entry points into the sump.

It is expected that the ratio of injected to backfilled volume (sonar volume reduction) will increase in the coming months. Repeated sonars are advised in the future, the frequency depending on the expected filling fraction of the cavern.

<u>RELATÓRIO DE EXECUÇÃO DO FECHAMENTO</u> <u>DA FRENTE DE LAVRA M#13</u>				
ÁREA: Mineração	Pág.: 1	Nº Rev.: 00	Data :15/11/2021	Por: Alex Cardoso



UN Vinílicos

MINERAÇÃO

RELATÓRIO DE EXECUÇÃO DO
FECHAMENTO DA FRENTE
DE LAVRA M#13

Emitentes: Alex Cardoso Silva


Área/Unidade: Mineração

Data: 15/11/2021

Distribuição: Mineração, ANM

Palavras-chave:

poços de sal, frente de lavra, tamponamento

<u>RELATÓRIO DE EXECUÇÃO DO FECHAMENTO</u> <u>DA FRENTE DE LAVRA M#13</u>				
ÁREA: Mineração	Pág.: 2	Nº Rev.: 00	Data :15/11/2021	Por: Alex Cardoso

SUMÁRIO

1. HISTÓRICO	3
2. TAMPONAMENTO DO POÇO ORIGINAL M#13	4
3. PERFURAÇÃO DO POÇO AUXILIAR 13AD	5
4. PERFURAÇÃO DO SIDETRACK 13BD	6
5. INSTALAÇÃO DO PIEZÔMETRO NO POÇO AUXILIAR M#13BD	7
6. DADOS DOS EQUIPAMENTOS INSTALADOS NA FRENTE DE LAVRA	9
7. RESUMO DAS CONDIÇÕES DO POÇO M#13.....	10
8. RESUMO DAS CONDIÇÕES DO POÇO M#13AD	10
9. RESUMO DAS CONDIÇÕES DA FRENTE DE LAVRA M#13BD.....	10
10. DESENHO ESQUEMÁTICO DO POÇO M#13.....	11
11. DESENHO ESQUEMÁTICO DO POÇO 13AD (TAMPONADO).....	12
12. DESENHO ESQUEMÁTICO DO POÇO 13BD	13

RELATÓRIO DE EXECUÇÃO DO FECHAMENTO DA FRENTE DE LAVRA M#13			Braskem	
ÁREA: Mineração	Pág.: 3	Nº Rev.: 00	Data :15/11/2021	Por: Alex Cardoso

1. HISTÓRICO


A frente de lavra M#13 situa-se na avenida Major de Góes Monteiro no bairro do Bebedouro, área urbana da cidade de Maceió. O acesso à referida frente de lavra ocorre através do poço de sal M#13 que é do tipo vertical. A cavidade está localizada nas coordenadas 25L UTM 198.167,37mE e 8.934.120,4mN (datum SIRGAS 2000) conforme documento SEI nº 1579574, de 30.07.2020.

O poço M#13 foi construído em julho de 1987 com 1.214m de profundidade e sua operação foi iniciada em janeiro de 1988, sendo desativado em dezembro de 1998, por meio do bloqueio de válvulas na cabeça do poço, após 10 anos de operação.



Figura 1 – Localização poço de sal M#13 e M#13BD

Entre 1988 e 2021 foram realizados três exames de sonar que relevaram um processo de lavra ascendente dentro da camada salina e compatível com a atividade de mineração. O último exame de sonar, realizado em julho de 2021, revelou uma cavidade pressurizada e completamente dentro da camada salina. O topo da cavidade está localizado a 997,3m de profundidade, cerca de 76,3m abaixo do topo da camada de sal (921m). De acordo com a interpretação da SSO, o poço dessa frente de lavra estava apto a ser tamponado, o que foi autorizado pela ANM por meio do Ofício 09/2019/GER-AL.

RELATÓRIO DE EXECUÇÃO DO FECHAMENTO DA FRENTE DE LAVRA M#13			Braskem 	
ÁREA: Mineração	Pág.: 4	Nº Rev.: 00	Data :15/11/2021	Por: Alex Cardoso

2. TAMPONAMENTO DO POÇO ORIGINAL M#13


Em 2019, além do exame de sonar, os perfis de gama-ray, temperatura, inclinação e giroscópio também foram executados no poço original. Essa última perfilagem revelou que o revestimento cimentado de 9 5/8" apresenta deformações em diversas profundidades (230m, 400m e 505m), situação que poderia evoluir rapidamente para o cisalhamento total do poço.

Como foi mencionado, a cavidade da frente de lavra M#13 encontra-se totalmente dentro da camada salina e ainda estava acessível através do poço original em 2019. Diante desse fato, e associado ao risco de cisalhamento da tubulação, a consultoria recomendou o tamponamento do poço com o objetivo de criar uma barreira física entre o poço e o topo da cavidade salina, a fim de eliminar a conexão hidráulica entre eles, impedindo assim, a despressurização da cavidade salina caso ocorra cisalhamento das tubulações.

O tamponamento provisório foi realizado em outubro de 2019, cujo topo do cimento estava situado em 692,5m e, entre os dias 03 de janeiro e 14 de janeiro de 2019, a sonda de *workover* CONTERP realizou uma intervenção no poço original que dá acesso à cavidade M#13. O objetivo principal era verificar as condições do poço e a realização do exame de sonar. Após as atividades de limpeza e remoção de 1041,85m da coluna de revestimento de 4 1/2" no dia 06 de janeiro de 2019. No dia 10 de janeiro, a sonda alcançou a profundidade de 1072,0m, acessando a cavidade. Ao tentar realizar o sonar, através de uma nova coluna de revestimento de 4 1/2", a ferramenta topou à 1006,0m, inviabilizando o sonar naquela data.

No dia 01 de maio de 2019 foi realizada uma nova operação de *workover* com a sonda CONTERP se estendendo até o dia 17 de maio de 2019. Durante a operação, no dia 04 de maio foi realizado uma microfilmagem até a profundidade de 998,03m, identificando diversos danos e desvios no revestimento nas profundidades 226,39m, 228,81m, 372,50m, 398,57m, 511,35m, 797,93m e 998,03m. No dia 05 de maio foi realizado uma operação e giroscópio para mapeamento da trajetória do poço. Em 07 de maio, a empresa Flodim realizou o corte eletroquímico do revestimento de 7" à uma profundidade de 998,5m. Foi realizada a injeção de água doce pelo espaço anular de 9 5/8" e pelo interior da coluna de 7" com o objetivo de dissolver possíveis trechos de sal cristalizado. A passagem da coluna de 7" foi desobstruída por completo no dia 15 de maio e realizado o exame de sonar na cavidade. A intervenção na frente de lavra M#13 foi finalizada no dia 17 de maio de 2019.

Em 10 de setembro de 2019 foi realizada uma nova intervenção de *workover* com a sonda PERBRÁS SPT-80 no poço que dava acesso à frente de lavra M#13. O objetivo desta intervenção foi de realizar o fechamento definitivo da frente de lavra através do bombeamento de um tampão de cimento. No dia 19 de setembro foram bombeados 16bbl de gel e 120 bbl de pasta de cimento peso

RELATÓRIO DE EXECUÇÃO DO FECHAMENTO DA FRENTE DE LAVRA M#13			Braskem 	
ÁREA: Mineração	Pág.: 5	Nº Rev.: 00	Data :15/11/2021	Por: Alex Cardoso

15,6ppg através do espaço anular entre o revestimento de 9 5/8" e 7". No dia 26 de setembro a coluna de 2 7/8" foi posicionada 869,0m de profundidade e foi bombeado um tampão de cimento balanceado com 13,0bbl de colchão viscoso, 15bbl de pasta de cimento de 15,6ppg, 2,0bbl de água e 6bbl de salmoura para deslocar. O topo do cimento foi verificado com 4.000 lbs a uma profundidade de 835,7m. Em 30 de setembro foi realizado um tampão de cimento complementar no intervalo de 831,0m à 692,5m de profundidade. A intervenção foi finalizada em 02 de outubro de 2019.


No dia 18 de maio de 2020 foi realizada uma nova operação de *workover* com a sonda PERBRÁS SPT-80 se estendendo até o dia 31 de maio de 2020. Após condicionar o poço, no dia 27 de maio de 2020 foi iniciado o corte do tampão de cimento de 692,5m até 835,0m, após este ponto não houve mais avanço devido às deformações no revestimento. A operação foi finalizada em 31 de maio de 2020 e, após esta etapa o acesso ao poço foi isolado e fechado na cabeça.

Durante estas operações de intervenção, foram realizadas diversas perfilagens e tentativas de perfilagens, conforme abaixo listadas:

- 07/01/2019 – GR/CCL/Temperatura/Inclinação. Empresa: Flodim (sem sucesso)
- 08/01/2019 – Free point. Empresa: Schlumberger
- 11/01/2019 – GR/CCL/Temperatura/Inclinação. Empresa: Flodim (sem sucesso)
- 12/01/2019 – GR/CCL/Temperatura/Inclinação. Empresa: Flodim (sem sucesso)
- 04/05/2019 – Microfilagem. Empresa: HIDRUS'CAM Engenharia
- 05/05/2019 – Giroscópio. Empresa: GyroData
- 07/05/2019 – Corte Eletroquímico. Empresa: Flodim (Corte à 998,5m)
- 08/05/2019 – GR/CCL/Temperatura/Inclinação. Empresa: Flodim (sem sucesso)
- 14/05/2019 – Microfilagem. Empresa: HIDRUS'CAM Engenharia
- 15/01/2019 – GR/CCL/Temperatura/Inclinação. Empresa: Flodim
- 15/01/2019 – Sonar. Empresa: Flodim
- 21/09/2019 – CBL/VDL. Empresa: Schlumberger (sem sucesso, topou 230,0m)
- 22/09/2019 – CBL/VDL. Empresa: Schlumberger (sem sucesso, topou 233,0m)
- 22/05/2019 – GR/Caliper. Empresa: Schlumberger (restrição em 228,0m e 401,0m)

3. PERFURAÇÃO DO POÇO AUXILIAR 13AD

As atividades de fechamento dessa frente de lavra foram retomadas no dia 06 de junho de 2020 por meio da construção do poço auxiliar 13AD. A primeira fase da perfuração foi iniciada no dia 07 de junho e se estendeu até o dia 12 de junho de 2020, quando atingiu a profundidade 410m. No dia 13 de junho foram realizadas as perfilagens de caliper, raios gama e CCL. O poço foi então revestido e

RELATÓRIO DE EXECUÇÃO DO FECHAMENTO DA FRENTE DE LAVRA M#13			Braskem 	
ÁREA: Mineração	Pág.: 6	Nº Rev.: 00	Data :15/11/2021	Por: Alex Cardoso

cimentado para dar continuidade à segunda fase com diâmetro de 8 ½". A sapata do revestimento de 9 5/8" foi instalado em 401,2m de profundidade.

A perfuração da segunda fase foi iniciada no dia 15 de junho de 2020 e se estendeu até o dia 23 de junho de 2020. Após finalizada a perfuração, na profundidade final de 964m, foram realizadas as perfilagens de caliper, raios gama, CBL/VDL e CCL no dia 24 de junho de 2020. A sapata do revestimento de 7" foi posicionada em 956,3m de profundidade e devidamente cimentado no dia 25 de junho de 2020.

A perfuração da terceira fase foi iniciada no dia 26 de junho de 2020 com o corte do cimento e acessórios até 964,0m. Após o corte da sapata e dos acessórios optou-se por interromper a operação até a data de instalação do piezômetro, o poço foi então cimentado até a profundidade de 880,0m. A perfuração foi finalizada no dia 27 de junho de 2020.

4. PERFURAÇÃO DO SIDETRACK 13BD

As atividades de fechamento dessa frente de lavra foram retomadas no dia 27 de junho de 2021, por meio da construção do sidetrack 13BD proveniente do poço 13AD. Essa medida se fez necessária devido à necessidade de adentrar na cavidade na sua parte superior. O corte do tampão de cimento foi iniciado no dia 29 de junho na profundidade de 880,0m e se estendeu até o dia 01 de julho de 2021, quando atingiu a profundidade 996,0m. O poço foi então cimentado novamente de 912,0m até 996,0m com um tampão de 10bbl de cimento de densidade 15,2ppg, esta densidade permitiria a realização do desvio de forma efetiva. Foi realizado o corte do tampão entre os dias 02 e 09 de julho de 2021, de 912,0m à 961,0m, parando no ponto de início do sidetrack.

A perfuração foi retomada no dia 11 de julho com broca de 6 1/8" de 961,0m e se estendeu até o dia 22 de julho de 2021 à profundidade de 1055,0m quando a broca adentrou na cavidade que se encontrava pressurizada com a coluna descendo livre até 1064,0m. Entre os dias 23 e 27 de julho de 2021 foram realizados as perfilagens, dois exames de sonar, giroscópio para mapeamento da trajetória do poço e perfil de integridade do revestimento. No dia 27 de julho foi bombeado um tampão de cimento de superfície de 6,3bbl de pasta 15,6ppg, com topo checado à 175,77m de profundidade para colocar o poço em condição de segurança até a chegada da sonda de *workover* que iria instalar o piezômetro. A perfuração foi encerrada em 28 de julho de 2021.

Durante estas operações de intervenção, foram realizadas diversas perfilagens e tentativas de perfilagens, conforme abaixo listadas:

- 24/07/2021 – GR/CCL/Temperatura/Inclinação. Empresa: Flodim
- 24/07/2021 – Sonar. Empresa: Flodim
- 25/07/2021 – Giroscópio. Empresa: GyroData

RELATÓRIO DE EXECUÇÃO DO FECHAMENTO DA FRENTE DE LAVRA M#13			Braskem	
ÁREA: Mineração	Pág.: 7	Nº Rev.: 00	Data :15/11/2021	Por: Alex Cardoso

- 26/07/2021 – Sonar. Empresa: Flodim
- 27/07/2021 – CAL/GR/CCL. Empresa: Schlumberger
- 27/07/2021 – USIT/GR/CCL. Empresa: Schlumberger

5. INSTALAÇÃO DO PIEZÔMETRO NO POÇO AUXILIAR M#13BD

Em 25 de setembro de 2021, após a conclusão da perfuração do poço 13BD, iniciou-se as etapas de instalação do piezômetro. Inicialmente foi realizado corte e nivelamento do revestimento de 7" e realizado o bisel do tubo (Figura 2), para melhor acomodar os equipamentos de cabeça do poço. Foi também instalada no dia 26 de setembro de 2021, a cabeça de produção Cameron 11x3.000psi. Seguindo a instalação, foram testados os selos externos com 1.300psi x 15 min.



Figura 2 – Bisel e cabeça de produção Cameron

As operações de intervenção foram realizadas pela sonda SPT-88 da empresa CONTERP, juntamente com a empresa Schlumberger que é responsável pela instalação do piezômetro. A equipe Schlumberger iniciou a verificação de todo equipamento necessário para operação. Em seguida, foi instalado e testado o BOP da sonda CONTERP no dia 27 de setembro de 2021.

No dia 28 de setembro de 2021, após a instalação e verificação de todos os equipamentos de segurança de superfície foi iniciada a etapa de descida da coluna de perfuração para corte do tampão de cimento. A perfuração do tampão de cimento foi realizada de 175,77m até 262,0m, utilizando fluido salino saturado com peso de 13.8 lb/gal, a coluna desceu livre até 457,30 quando o poço veio a produzir e o BOP foi fechado. Foi registrada a pressão de 0 psi na coluna e 200 psi no anular.

A instalação dos piezômetros no poço 13BD foi retomada, a partir do dia 16 de outubro de 2021, e finalizada no dia 17 de outubro de 2021. Foi instalado no poço uma coluna de 4 ½", com 103 tubos, SGM (*solid gauge mandrel*), cabo PDC, 102 protetores de cabo e o sensor piezômetro. Durante a descida se fez a leitura dos dados a cada descida de 10 tubos.

RELATÓRIO DE EXECUÇÃO DO FECHAMENTO DA FRENTE DE LAVRA M#13			Braskem	
ÁREA: Mineração	Pág.: 8	Nº Rev.: 00	Data :15/11/2021	Por: Alex Cardoso

Após descida da coluna, a extremidade foi posicionada em 951,03m, ainda dentro do revestimento de 7", a fim de evitar choques mecânicos no piezômetro.

O *Tubing Hanger* foi assentado, e realizado a instalação e teste do flange *adapter*, WHO e árvore de natal (Figura 3).



Figura 3 – Cabo fixado no mandril SGM

Após a conclusão da etapa de posicionamento e verificação da profundidade de instalação do piezômetro, foi realizada a montagem da árvore de natal.



Figura 4 – Terminação do Suspensor de Coluna




Figura 5 – Suspensor Assentado



Figura 6 – Árvore de natal

O processo de instalação do piezômetro da frente de lavra M#13 foi concluído no dia 18 de agosto de 2021, registrando uma pressão e temperatura na cavidade de 139,10 BAR e 50,88°C, respectivamente. No dia 19 de setembro de 2021, após a finalização da montagem da árvore de natal

RELATÓRIO DE EXECUÇÃO DO FECHAMENTO DA FRENTE DE LAVRA M#13			Braskem 	
ÁREA: Mineração	Pág.: 9	Nº Rev.: 00	Data :15/11/2021	Por: Alex Cardoso

(Figura 6), o piezômetro foi interligado ao sistema de monitoramento da Braskem. Conforme mencionado anteriormente, o piezômetro passou a ser instalado no interior do revestimento de 7" com o objetivo de preservar a sua integridade.

Durante estas operações de intervenção, foram realizadas as perfilagens abaixo listadas:

- 04/10/2021 – CAL/GR/CCL. Empresa: Schlumberger (Rev. 7")
- 17/10/2021 – IBC/GR/CCL. Empresa: Schlumberger (Rev. 4 ½" EU)

6. DADOS DOS EQUIPAMENTOS INSTALADOS NA FRENTE DE LAVRA

Cabo Elétrico PDG


P/N:	P485879
Tipo:	18 AWG 0.028" Single Conductor Stainless Steel Tube Square Encapsulation Lp System
S/N	CMBR01103A-1
Comprimento no poço:	951,0 m
Comprimento no carretel:	2643 m

Sensor

P/N:	103014914
Tipo:	eSOI Single TUBING/TUBING, SINGLETITE, 4x40x14
Pressão máxima:	10 KPSI
Temperatura máxima:	150 degC
S/N	020191

Cabeça dos Sensores

P/N:	DHI-0189-A
S/N :	210019-09
Tipo:	Sealtite 10 Ksi.
Quantidade:	1

RELATÓRIO DE EXECUÇÃO DO FECHAMENTO DA FRENTE DE LAVRA M#13			Braskem 	
ÁREA: Mineração	Pág.: 10	Nº Rev.: 00	Data :15/11/2021	Por: Alex Cardoso

7. RESUMO DAS CONDIÇÕES DO POÇO M#13

- Sapata de 13 3/8" = 286,0m – cimentado até a superfície.
- Sapata de 9 5/8" = 1004,2m
- Sapata de 7" = 998,5m – com anular cimentado até a superfície.
- Revestimento de 4 1/2" = Removido em 06 de janeiro de 2019.

Nota: As profundidades estão em relação à frente de lavra M#13.

8. RESUMO DAS CONDIÇÕES DO POÇO M#13AD

- Sapata de 13 3/8" = 34,8m – cimentado até a superfície
- Sapata de 9 5/8" = 401,2m – cimentado até a superfície
- Sapata de 7" = 956,3m – cimentado da sapata até 257,0m.
- Profundidade final da perfuração = 964,0m.

9. RESUMO DAS CONDIÇÕES DA FRENTE DE LAVRA M#13BD

- Topo do sal = 921,0m ⁽¹⁾
- Sapata de 13 3/8" = 34,8m – cimentado até a superfície
- Sapata de 9 5/8" = 401,2m – cimentado até a superfície
- Sapata de 7" = 956,3m – cimentado da sapata até 257,0m.
- Topo da cavidade = 1040,3m ⁽²⁾ (MD) e 997,3m ⁽²⁾ (TVD)
- Base da cavidade = 1103,0m ⁽²⁾ (MD) e 1060,0,1m ⁽²⁾ (TVD)
- Volume de diesel injetado = Não injetado.
- Sapata de 4 1/2" EU = 951,03m (MD)
- Posição do piezômetro = 950,44m (MD)
- Pressão inicial (17/08/2021) = 139,10 BAR ⁽³⁾
- Temperatura inicial (17/08/2021) = 50,88°C
- Pressão atual (15/11/2021) = 139,03 BAR ⁽³⁾
- Temperatura atual (15/11/2021) = 54,95°C

Nota ¹: As profundidades estão em relação à frente de lavra M#13.

Nota ²: As profundidades são referentes ao último sonar realizado através do poço auxiliar M#13BD em 24/07/2021.

Nota ³: As pressões foram ajustadas para a profundidade de 1039,1m TVD.

RELATÓRIO DE EXECUÇÃO DO FECHAMENTO DA FRENTE DE LAVRA M#13			Braskem	
ÁREA: Mineração	Pág.: 11	Nº Rev.: 00	Data :15/11/2021	Por: Alex Cardoso

10. DESENHO ESQUEMÁTICO DO POÇO M#13

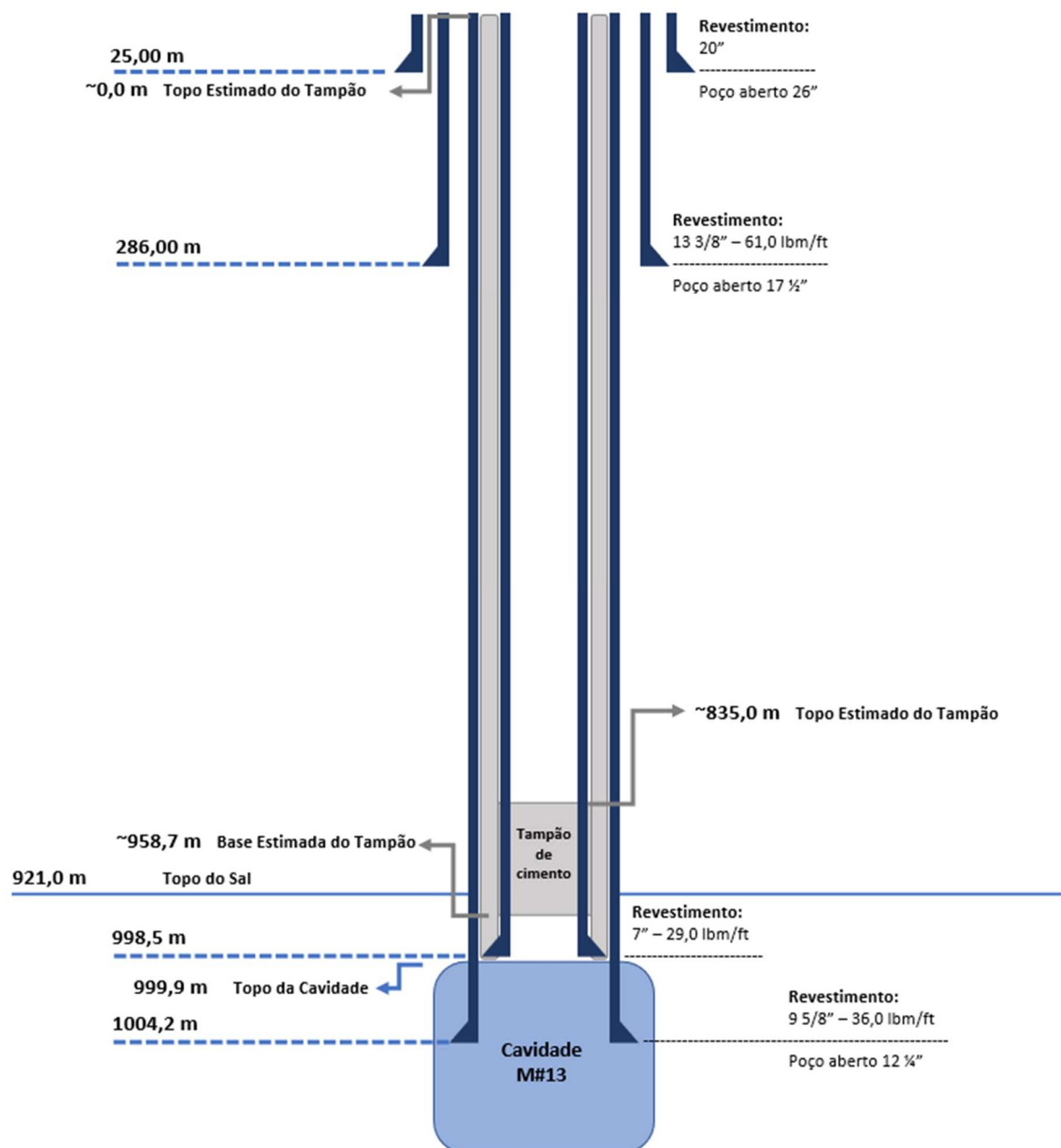


Figura 7 – Desenho esquemático M#13

*As profundidades estão em MD.

RELATÓRIO DE EXECUÇÃO DO FECHAMENTO DA FRENTE DE LAVRA M#13			Braskem	
ÁREA: Mineração	Pág.: 12	Nº Rev.: 00	Data :15/11/2021	Por: Alex Cardoso

11. DESENHO ESQUEMÁTICO DO POÇO 13AD (TAMPONADO)

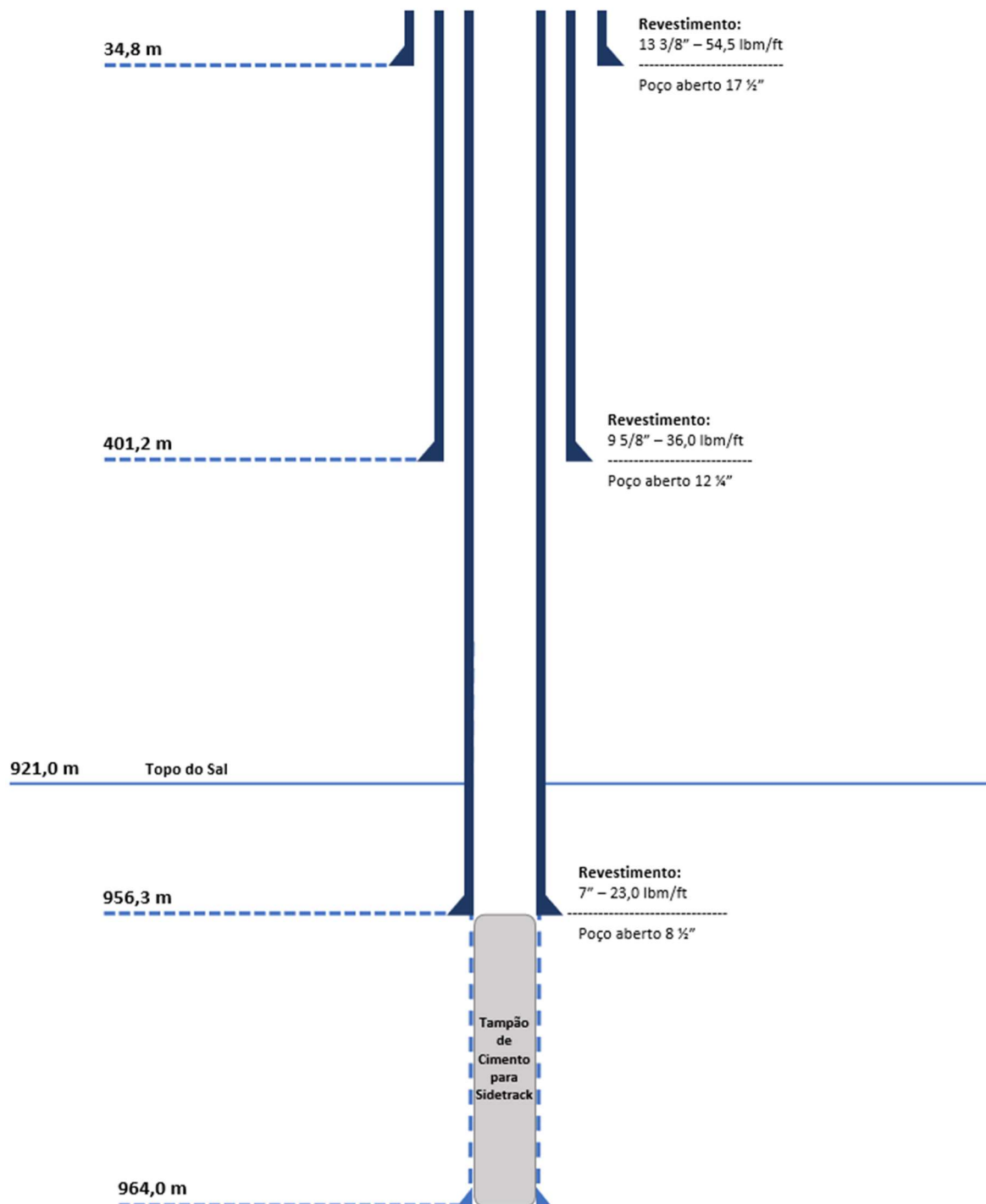


Figura 8 – Desenho esquemático poço 13AD

*As profundidades estão em MD e o poço foi cimentado.

RELATÓRIO DE EXECUÇÃO DO FECHAMENTO DA FRENTE DE LAVRA M#13			Braskem	
ÁREA: Mineração	Pág.: 13	Nº Rev.: 00	Data :15/11/2021	Por: Alex Cardoso

12. DESENHO ESQUEMÁTICO DO POÇO 13BD

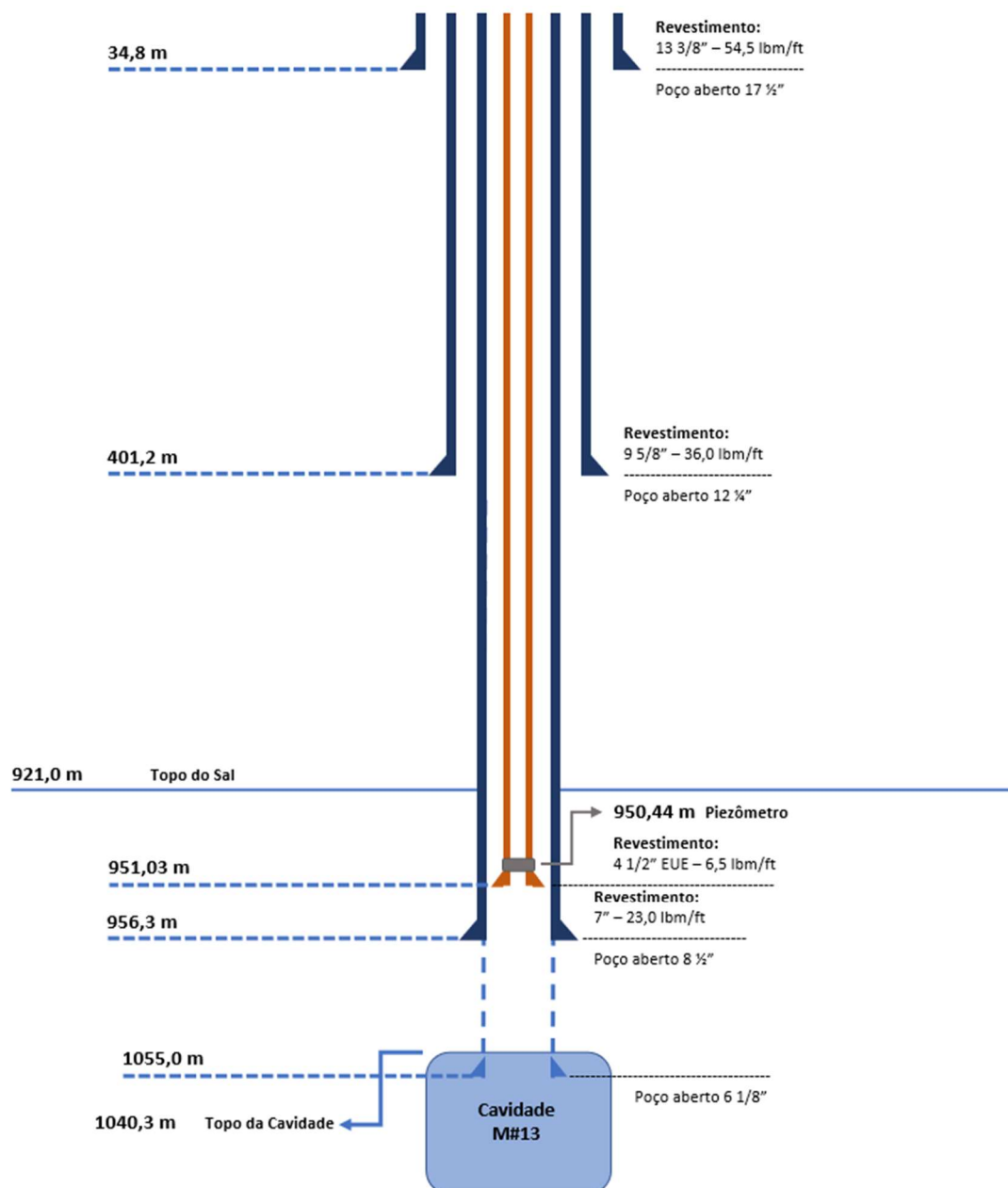


Figura 8 – Desenho esquemático poço 13BD

*As profundidades estão em MD e são referentes ao último sonar realizado através do poço auxiliar 13BD em 24/07/2021.

Responsável técnico

Alex Cardoso Silva

Alex Cardoso Silva
Hidrogeólogo/ Engº de Minas
CREA 050129202-0