

UNPINAL
Ts. 2818
①

BRASKEM WELL NO. 35D
WELL / CAVERN DATA SUMMARY (Cont'd)

Sonar Surveys

The cavern was sonar surveyed on three distinct occasions throughout the cavern operating years.

The third and last sonar (March 25, 2019) shows a cavern resulting from solution mining operations. The cavern is located within the main salt body, with the top @ 1,012 m, 107 m below the top of the salt (TS @ 905 m).

The last surveyed cavern volume is 265,359 m³ with a maximum diameter of ~91 m with a WNW orientation.

Sonars show a cavern compatible with sound mining activity.

Final P&A

This well is in adequate condition for final P&A.

* Figure 35 shows the stratigraphy at the location of Well No. 35D and the cavern vertical N-S cross-sections for each one of the sonar surveys performed in the cavern.

POÇO BRASKEM Nº 35D
RESUMO DE DADOS DE POÇO/CAVERNA

TIPO DE POÇO: Direcional (formato de S)

TOPO DO SAL: TVD 850/MD 950 m

VOLUME ATUAL DA CAVERNA: 265.359 m³

ESTADO ATUAL DO POÇO: Fechado em

(24 de março de 2019)

LOCALIZAÇÃO:

Parâmetro	N	L
Coordenadas (superfície) [SIRGAS datum 2000]	8.933.493,94	198.256,87
Coordenadas (subsuperfície)	8.933.313,65	198.032,60
Elevação do solo (m)		
Flange de perfuração (m)		

DADOS DE PERFURAÇÃO/CONCLUSÃO:

Parâmetro	Como construído	Em 5 de abril de 2019
Início da perfuração	7 de dezembro de 2010	
Conclusão da perfuração	18 de dezembro de 2010	
Profundidade Total (TD) do perfurador (m) MD	1.263,00	
Altura do tampão de cimento (m)	Nenhuma	
Profundidade do poço de 26" (m) TVD=MD		
Profundidade do revestimento de 20" (m) TVD=MD	20	
Profundidade do KOP (m) TVD=MD	200	
Início da queda da inclinação @ (m) MD	616	
Fim da queda da inclinação @ (m) (MD)	~985	
Afastamento da vertical (m)	291,63	
Profundidade do poço de 17-1/2" (m) TVD/MD	155/155	
Profundidade da sapata do revestimento de 13-3/8" (m) TVD/MD	153/153	
Profundidade do poço de 12-1/4" (m) TVD/MD	1.206,25/1.263,00	
Profundidade do poço de 8-1/2" (m) TVD/MD		
Profundidade da sapata do revestimento de 9-5/8" (m) TVD/MD	~1.014,58/1.070,00	~965,13/~1.020,0
Altura do cimento atrás do revestimento de 9-5/8" (m)	Superfície	
Profundidade da ferramenta DV (m)		
Altura do colar flutuante @ (m)		
Intervalo testemunhado (m)	Nenhum	
Profundidade da coluna suspensa externa de 7" (m) TVD/MD	/1.140	~966,83/1.021,70
Profundidade da coluna suspensa interna de 4-1/2" (m) TVD/MD	/1.172	~987,76/1.042,84

UNPH AL
76 7.826
[Signature]

PERFIS GEOFÍSICOS DO POÇO (MD):

Data	Empresa	Tipo de perfil	Intervalo (m)
19-dez-2010	Halliburton	GR/CAL ^a	142,5 – 1.244,8
22-dez-2010	Halliburton	CBL/VDL/GR/CCL/TT ^b	21 – 1.066,7
23-dez-2010		Levantamento direcional	
18-out-2014	Flodim	GR/CCL/Temp. /Inclinação	850 – 1.155,0
17-mar-2016	Flodim	GR/CCL/Temp. /Inclinação	1.030 – 1.103,6
19-mar-2016	Flodim	GR/CCL/Temp. /Inclinação	1.030 – 1.084,4
20-mar-2016	Flodim	GR/CCL/Temp. /Inclinação	1.030 – 1.080,4
4-mar-2019	Flodim	GR/CCL/Temp. /Inclinação	0 – 627,0

^a Perfil estratigráfico de referência.

^b CBL de referência.

Obs.: em 2019 não houve perfil além dos 627 m devido a restrição.

POÇO BRASKEM Nº 35D
RESUMO DE DADOS DE POÇO/CAVERNA (continuação)

LEVANTAMENTOS POR SONAR (MD):

Data	Empresa	Condições do Poço	Intervalo (m)	Altura da Caverna (m)	Profundidade da Caverna (m)	Volume da Caverna (m³)	Orientação da Caverna	Diâmetro máx. (m)
4-set-2013	Flodim			~1.071	~1.127		LNE	~48,5
18-out-2014	Flodim	9-5/8" @ 1.070,5 m	1.062 - 1.068 1.071 - 1.113 1.115/1.135	1.065	1.135,1	78.153	SE	~61
24-mar-2019	Flodim	9-5/8" @ 1.069,5 m		1.012	1.106	265.359	ONO	~91

Obs.: os levantamentos por sonar de 2013 e 2014 não incluíram a cobertura da caverna.

DADOS DA RESTAURAÇÃO (WO):

Parâmetro	WO nº 1	WO nº 2	WO nº 3
Data de início	21 de março de 2019		
Data de conclusão	6 de abril de 2019		
Finalidade	Reposição dos revestimentos de 4-1/2" e 7" Cortar o revestimento de 9-5/8"		

Obs.: O relatório de restauração No.1 especifica que 4-1/2" foi instalado @ 1.042,84 m, 7" @ 1.21,7 m e 9-5/8" foi cortado a 1.020 m. O corte do 9-5/8" não foi confirmado.

DADOS DE PRODUÇÃO:

Parâmetro	
Data de início	Março de 2012
Data de conclusão	Maio de 2019

DADOS DO TAMPONAMENTO:

Parâmetro	Dados enviados				
Procedimento enviado a SSMA. ANM	20 de maio de 2019				
Documentação de suporte	Perfil da coluna 18 de dezembro de 2010	Levantamento direcional 23 de dezembro de 2010 Afastamento: 291,63 m Azimute: 279,2°	Levantamento por sonar 25 de março de 2019	Perfis geofísicos 2014 – 2019 (4 execuções) GR/CCL/Tem p. /Inclinação	Levantamento por vídeo
Início do tamponamento temporário	Ainda não iniciado				
Conclusão do tamponamento temporário	Ainda não concluído				
Tamponamento e abandono permanente (P&A)	A aprovação pela ANM ainda está pendente; aguardando envio do "Plano de Fechamento de Mina" pela Braskem.				

CONCLUSÕES PRELIMINARES (consulte também a Figura 35*): Todas as profundidades são MD

Tópico	Observações baseadas nas intervenções de junho de 2019
Construção do poço e situação atual	<p>A última sapata de revestimento cimentada de 9-5/8" foi originalmente instalada e cimentada até a superfície a 1.070,0 m de profundidade. Estava localizada a 1.069,5 m (perda de ~5 m de tubo) em 25 de março de 2019 (9 anos após a conclusão inicial). A sapata do revestimento permanece a ~115 m abaixo do topo do sal (TS a 905m).. Em 05 de abril de 2019, as colunas suspensas de 4-1/2" e de 7" estavam no poço a 1.042,84 m e 1.21,7 m, respectivamente; o revestimento cimentado de 9-5/8" foi cortado a 1.020 m.</p> <p>O poço está pressurizado (abril de 2019). No momento, está fechado e aguardando definição final pela ANM sobre o procedimento tamponamento e abandono (P&A).</p>
Desenvolvimento da caverna	A caverna foi operada por ~7 anos (de março de 2012 a maio de 2019).
Levantamentos por sonar	<p>Em três ocasiões distintas a caverna foi submetida a levantamentos por sonar enquanto esteve operacional.</p> <p>O terceiro e último sonar (25 de março de 2019) mostra uma caverna resultante das operações normais de mineração por dissolução. A caverna está localizada dentro do corpo principal de sal, com o topo a 1.012 m, 107 m abaixo do topo do sal (TS a 905 m).</p> <p>O último levantamento do volume da caverna é de 265.359 m³ com diâmetro máximo de ~91 m e orientação ONO.</p> <p>Os sonares mostram que a caverna é compatível com atividade de mineração adequada.</p>
Tamponamento e abandono permanente (P&A)	Este poço está em condições adequadas para tamponamento e abandono permanente (P&A).

* A Figura 35 mostra a estratigrafia no local do poço nº 35D e as seções transversais verticais N-S da caverna dos levantamentos por sonar ali realizados.

BRASKEM WELL No. 35D (MINA 35D)

JAN 21 AL
Is. 7.623

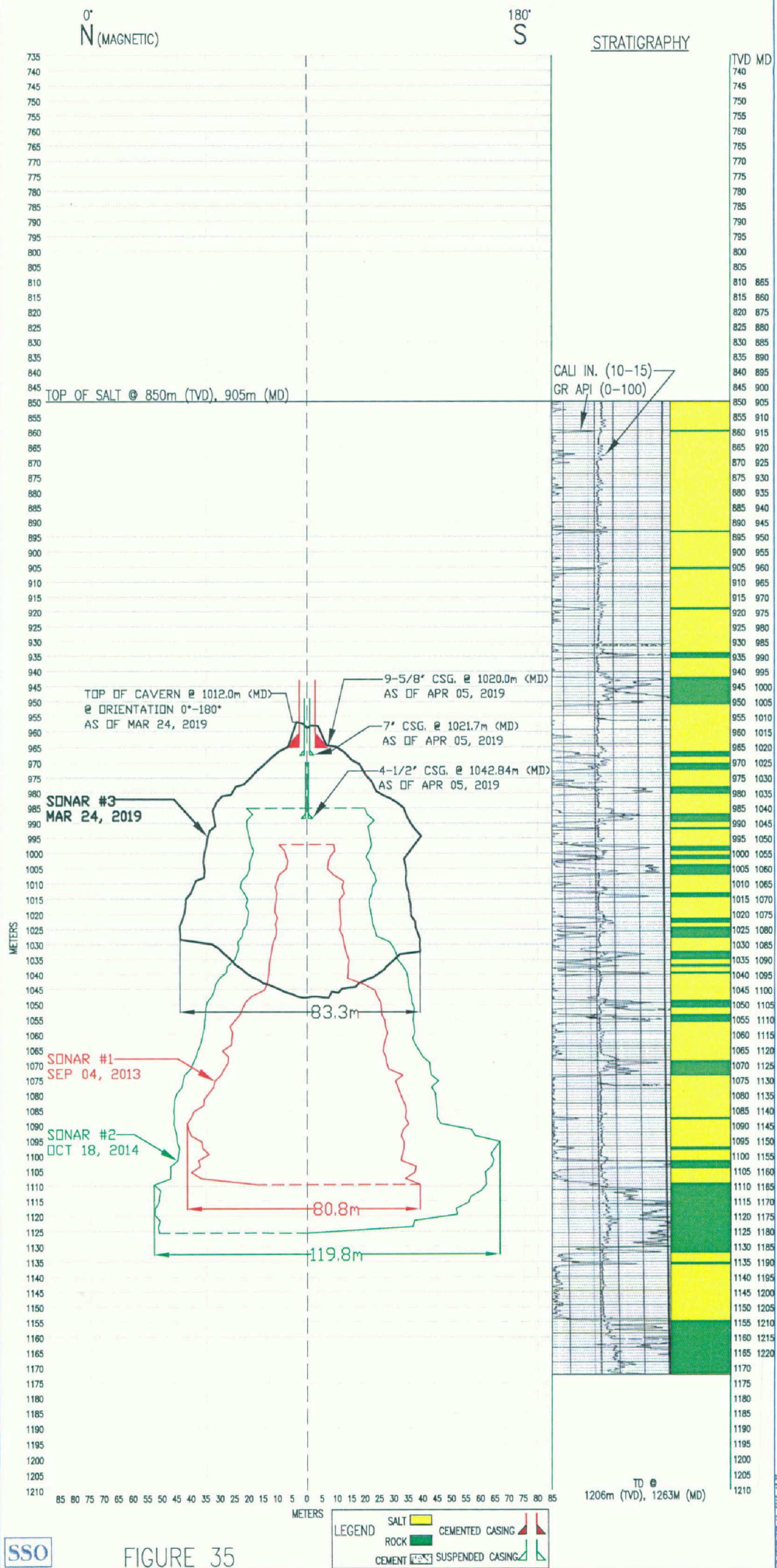


FIGURE 35

SSO

SEP 18, 2019, 12:35

Maceió, 20 de setembro de 2019

Ilmo. Sr. Fernando José da Costa Bispo

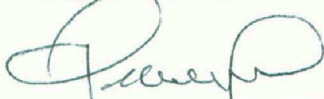
Gerente Regional do 25º Distrito da ANM-AL

Processo 006.648/1965

Braskem S/A, já qualificada nos autos do processo em epígrafe, vem, pelo seu representante signatário, entregar à esta Agência, dados brutos (arquivo dxf) e relatório final do exame de sonar emitido pela empresa Flodin referente à frente de lavra M#27, M#31, M#34 e M#35, em via digital (pen drive anexo).

Sendo o que nos cumpria para o momento, permanecemos à disposição deste i. órgão, ao tempo em que oferecemos nossos votos de elevada estima e consideração.

Atenciosamente,



Braskem S.A.

Álvaro Cezar de O. Almeida

Etiqueta Juntada



AGENCIAL NACIONAL DE MINERAÇÃO - ANM
Superintendência - AL 16:39:33 - 20/09/2019

Juntada: 48081.000294/2019-61

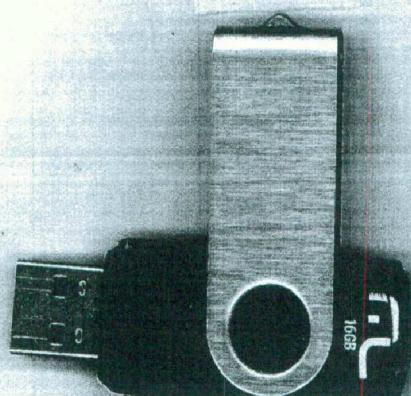
Processo: 6648/1965

NUP: 48081.000294/2019-61

Assunto: RELATÓRIO FINAL DE EXAME DE SONAR



48081.000294/2019-61



Maceió, 25 de setembro 2019

Ilmo Sr. Fernando José da Costa Bispo

Gerente Regional do 25º Distrito do DNPM-AL

Processo 006.648/1965

Braskem, já qualificada nos autos do processo em epígrafe, vem, através do presente, em continuidade as atividades de monitoramento em andamento, encaminhar o relatório da interferometria referente ao mês de julho/2019, elaborado pela empresa TRE Altamira, o qual conclui que: "O estudo mostra um fenômeno de deslocamento importante afetando uma área extensa na cidade com um incremento progressivo da magnitude dos deslocamentos em direção à margem da lagoa."

Ademais, ressalta, dentre outros, que:

- "O estudo revela deslocamentos importantes na parte Oeste de Maceió; o deslocamento mais significativo observou-se na região da margem da lagoa, incluindo a região onde a Braskem opera. O deslocamento máximo chegou a detectar -217 mm/ano."
- "Os bairros ao sul desta AOI (Bom Parto e Levada) também estão sendo afetados por os movimentos importantes do terreno. O deslocamento máximo detectado foi de -97 mm, localizado sobre uma área de resíduo próximo à escola do SESI Cambona."

Sendo o que nos cumpria para o momento, ficamos à disposição para eventuais esclarecimentos.

Atenciosamente,

**Braskem S.A.**

Galileu Moraes Henrique

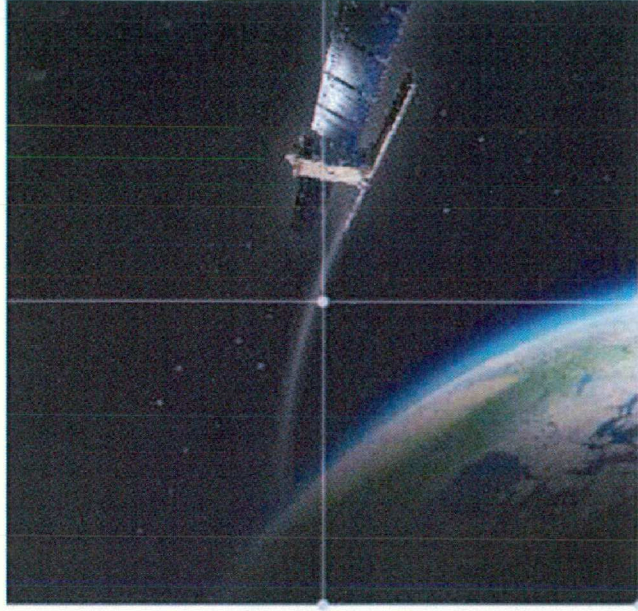
AGENCIAL NACIONAL DE MINERAÇÃO - ANM
Superintendência - AL
15:01:08 - 25/09/2019**Juntada: 48081.000295/2019-14****Processo: 6648/1965****NUP: 48081.000295/2019-14**

Assunto: RELATÓRIO DE INTERFEROMETRIA JULHO/2019



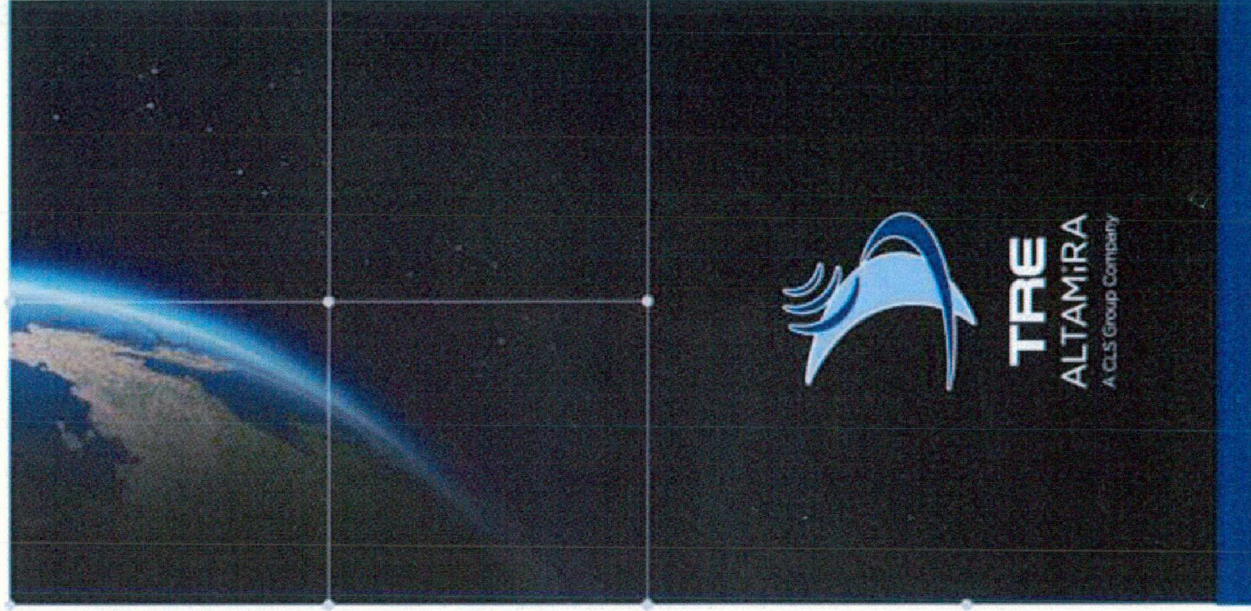
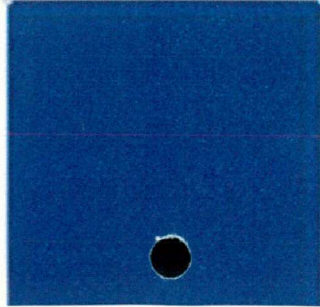
48081.000295/2019-14

DNPM/AL
Fls. 7826



Relatório técnico

Primeira atualização SqueeSAR® área de Interesse Norte -
Braskem



TPE
ALTAMIRA
A CLS Group Company

Especificações do documento

Cliente

Nome:	Braskem
Dirigido a:	Nações Unidas 4777 São Paulo

Referência

Projeto:	Primeira atualização SqueeSAR® área de interesse Norte
Ordem de trabalho TRE ALTAMIRA:	JO19-870-ES
Referência TRE ALTAMIRA:	ES1620A2SvN

Criado pela TRE ALTAMIRA

Autora:	Mônica Sánchez
Verificado por:	Javier García Robles
Aprovado por:	Stefano Cespa
Data:	13/08/2019
Versão:	1.0

Sumário executivo

A Braskem solicitou a TRE ALTAMIRA um estudo de monitoramento dos deslocamentos do terreno afetando áreas próximas a lagoa Mundaú (área Norte para efeitos dos relatórios), através do processamento em de imagens satelitais radar de alta resolução banda X radar, utilizando a técnica própria SqueeSAR®.

O programa de monitoramento consiste na análise de linha base com o objetivo de ter uma visão geral dos deslocamentos afetando as estruturas e áreas ao redor e cinco entregas/atualizações mensais dos dados de deslocamento e ainda uma nova linha base em geometria descendente e decomposição 2D, além de cinco atualizações trimestrais. O projeto de monitoramento tem a seguinte estrutura:

- Estudo de linha base: processamento SqueeSAR® de todas as imagens adquiridas de julho 2018 até maio 2019 (**entregue**)
- Estudo de monitoramento: cinco atualizações/entregas mensais dos dados de deslocamento:
 - 1a atualização, todas as imagens de adquiridas até julho 2019 (**entregue**)
 - 2a atualização, todas as imagens de adquiridas até agosto 2019
 - 3a atualização, todas as imagens de adquiridas até setembro 2019
 - 4a atualização, todas as imagens de adquiridas até outubro 2019
 - 5a atualização, todas as imagens de adquiridas até dezembro 2019
- Estudo de linha base: processamento SqueeSAR® de todas as imagens adquiridas nas geometrias ascendente e descendente até janeiro 2020, adicionando a decomposição vertical e Leste-Oeste.
- Estudo de monitoramento: cinco atualizações/entregas trimestrais, em dupla geometria + decomposição 2D:
 - Atualização Q1, todas as imagens de adquiridas até abril 2020
 - Atualização Q2, todas as imagens de adquiridas até agosto 2020
 - Atualização Q3, todas as imagens de adquiridas até novembro 2020
 - Atualização Q4, todas as imagens de adquiridas até fevereiro 2020
 - Atualização Q5, todas as imagens de adquiridas até junho 2020

Este documento mostra os resultados da primeira atualização em geometria ascendente da zona de interesse Norte de Maceió.

TRE ALTAMIRA tem processado as imagens em geometria ascendente, adquiridas por o satélite TerraSAR-X.

A continuação, se mostram os pontos principais:

- O número de MP (pontos de medição) identificados na AOI Norte e a cobertura, são muito altos nas infraestruturas graças as características urbanas da área;

Satélite	Geometria	# de MP Linha base	MP / km ² Linha base
TSX	Ascendente	431 745	23 212

- Em algumas áreas não foi possível encontrar MP, possivelmente devido a presença de vegetação, campos de cultivo ou mudanças na refletividade da superfície.
- O estudo revela deslocamentos importantes na parte Oeste de Maceió; o deslocamento mais intenso observa se na região das margens da lagoa, incluindo a área onde a Braskem opera. O deslocamento máximo detectado chegou a -217 mm/ano.
- Os bairros ao sul da AOI (Bom Parto e Levada) estão também sendo afetados por movimento intenso do terreno. O deslocamento máximo detectado foi de -87 mm, localizado sobre uma área de resíduo próximo à escola do SESI Cambona.

Aviso de confidencialidade

Este documento contém informações confidenciais e está dirigido exclusivamente ao destinatário. O conteúdo desse documento, inclusive a informação relacionada à metodologia TRE ALTAMIRA, não podem ser revelados parcialmente nem em sua totalidade a qualquer terceiro, por qualquer meio utilizado para outro propósito sem a autorização expressa por escrito da TRE ALTAMIRA.

Índice

Sumário executivo 2

Acrônimos e abreviaturas 6

1. Introdução 7

2. Área de interesse e imagens processadas..... 8

3. Resultados10

3.1. Análise SqueeSAR® 10

3.1.1. Aceleração 12

3.2. Resultados na geometria Ascendente 14

3.2.1. Chã da Jaqueira 16

3.2.2. Pinheiro - Mutange..... 17

3.2.3. Pitanguinha 25

3.2.4. Bom Parto – Levada 27

4. Dados entregues30

5. Conclusões.....32

Acrônimos e abreviaturas

SAR	Sensor radar de abertura sintética (<i>Synthetic Aperture Radar</i>)
InSAR	Interferometria de radar de abertura sintética/Interferometria de radar de abertura sintética diferencial
SqueeSAR®	Algoritmo para o processamento DInSAR
LOS	<i>Line-of-sight</i> , linha de visada do satélite (vetor de medição)
TSX	Satélite TerraSAR-X
MP	Pontos de medição

1. Introdução

A Braskem solicitou a TRE ALTAMIRA um estudo de monitoramento dos deslocamentos do terreno afetando áreas onde Braskem faz suas atividades no Bebedouro e Maceió através do processamento de imagens satelitais radar de alta resolução banda X, utilizando a técnica própria SqueeSAR®.

SqueeSAR® é uma técnica patenteada pela TRE ALTAMIRA que processa multi-interferogramas, e consegue medições dos deslocamentos do terreno com uma alta precisão. Isto é possível através do processamento multi-temporal de imagens de satélite SAR adquiridas numa mesma área a longo do tempo. Trata-se de uma técnica que extrai informação estatística das imagens; SqueeSAR®, identifica objetivos radar naturais no terreno e para cada um fornece séries temporais de deslocamento e a relação de deslocamento médio no período monitorado, com precisão milimétrica.

O projeto de monitoramento consiste nos seguintes pacotes de trabalho:

- **Estudo da linha base:** processamento SqueeSAR® de todas as imagens ascendentes adquiridas de julho 2018 até maio 2019, com o objetivo de entregar a Braskem de uma visão geral dos deslocamentos afetando a área de interesse.
- **Estudo de monitoramento:** cinco atualizações/entregas mensais dos dados de deslocamento usando imagens em ascendente adquiridas de julho 2019 até dezembro 2019.
- **Estudo da linha base ascendente + descendente:** processamento SqueeSAR® de todas as imagens ascendentes e descendentes adquiridas até janeiro 2020, mais a decomposição vertical e Leste-Oeste.
- **Estudo de monitoramento:** cinco atualizações/entregas trimestrais em dupla geometria, mais a decomposição vertical e Leste-Oeste.

Este documento é o relatório técnico da primeira (1ª) atualização dos resultados em geometria ascendente. Descrevem-se: imagens adquiridas, análises feitas e resultados obtidos.

2. Área de interesse e imagens processadas

A área de interesse (AOI norte) cobre ~19 km² e inclui os bairros de Pinheiro, Chã da Jaqueira, Muntage, Bebedouro, etc.). As características do terreno e as instalações na área tornaram possível obter uma alta densidade de MPs.



Figura 1: AOI da Braskem, Maceió.

O estudo foi feito usando imagens em banda X do satélite TerraSAR-X (TSX), caracterizado por adquirir imagens a cada 11 dias e com alta resolução espacial (3x3metros).

Para esta primeira atualização, foi utilizado 30 imagens do satélite TerraSAR-X. A distribuição temporal das imagens está destacada na Figura 2. A lista completa de imagens está no Relatório do processamento, anexado com os dados que foram entregues.

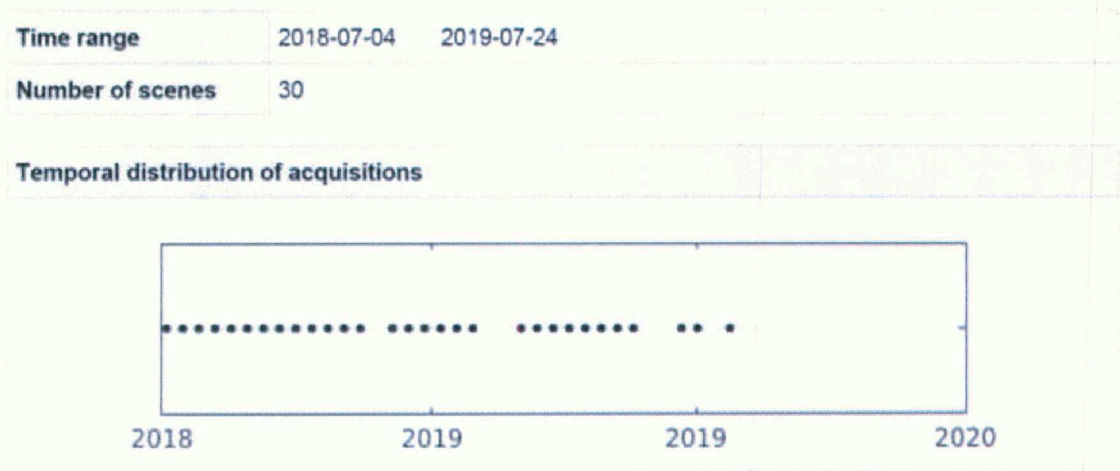


Figura 2: Dataset processado e distribuição temporal das imagens do TerraSAR-X.

É importante destacar que as aquisições na geometria ascendente são determinadas pela direção de voo do satélite: ascendente de Sul a Norte. As imagens são adquiridas na linha de visão do satélite (Line of Sight - LOS), a direção entre sensor radar e objetivo (no terreno). O ângulo da LOS varia dependendo do satélite e os parâmetros de aquisição. Para este estudo, o ângulo (Θ) foi:

- configuração ascendente $\Theta = \sim 28.54^\circ$

Figura 3 mostra a geometria ascendente de aquisição da imagem.

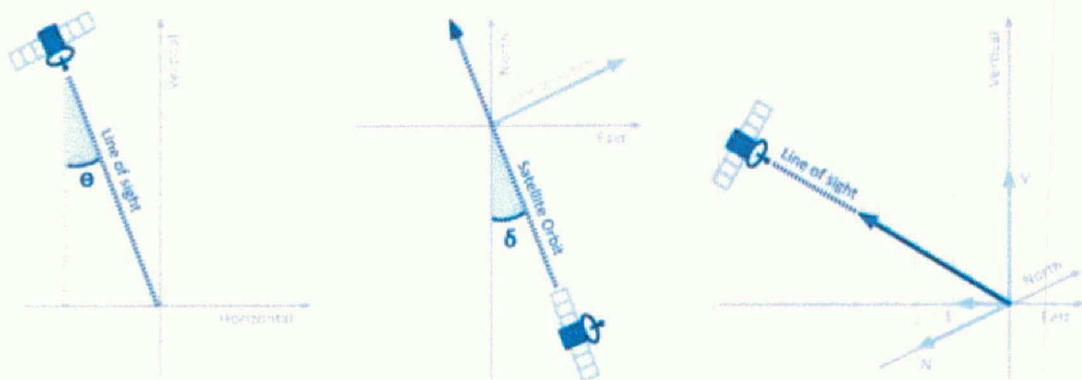


Figura 3: Geometria das aquisições das imagens em geometria ascendente.

3. Resultados

3.1. Análise SqueeSAR®

Igual a entrega da linha base, nesta primeira atualização, foi detectado um alto número de MP. A Tabela 1 mostra o número total de MP identificados na AOI e a sua densidade. O fato de ter adquirido imagens durante um ano completo com aquisições de forma regular, vai ajudar nas medições consistentes para calcular os deslocamentos. Por este motivo os mapas mostrados neste documento mostram deslocamentos anuais, ao invés de valores acumulados.

Satélite	Geometria	# de MP	MP / KM²	St. Dev. (mm/ano)
TSX	Ascendente	431 745	23 212	2.5

Tabela 1: Estatísticas do processamento obtidas da análise das imagens TSX em ascendente.

Mesmo se a densidade de pontos é muito alta, a presença de vegetação, campos de cultivo ou mudanças na refletividade do terreno, faz com que tenha menos pontos em algumas áreas. Os deslocamentos obtidos são vinculados ao REF, supondo que o ponto é completamente estável. A Tabela 2 descreve os códigos (CODE) e as coordenadas do ponto de referência para a geometria ascendente, localizada em Maceió.

	CODE	Longitude	Latitude
Ascendente	BGOV3Z3	-35.7358002	-9.6433437

Tabela 2: Code e localização geográfica do ponto de referência para a geometria ascendente.

Nas seguintes imagens são mostrados os mapas do deslocamento acumulado. Os MP têm um Código de cor, segundo o deslocamento (mm) detectado. Valores positivos indicam movimento de aproximação ao satélite na LOS, e os valores negativos indicam movimento de afastamento do satélite na LOS. Áreas sem deslocamento significativo estão coloridas em verde.

A Figura 4 mostra a escala de cores utilizada para simbolizar o deslocamento na LOS.

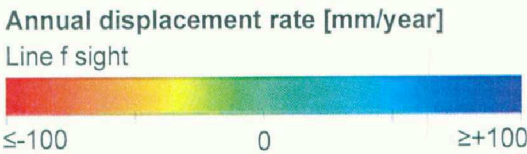


Figura 4: Escala de cor para simbolizar os deslocamentos obtidos com a SqueeSAR®.

Monitoring areas - North

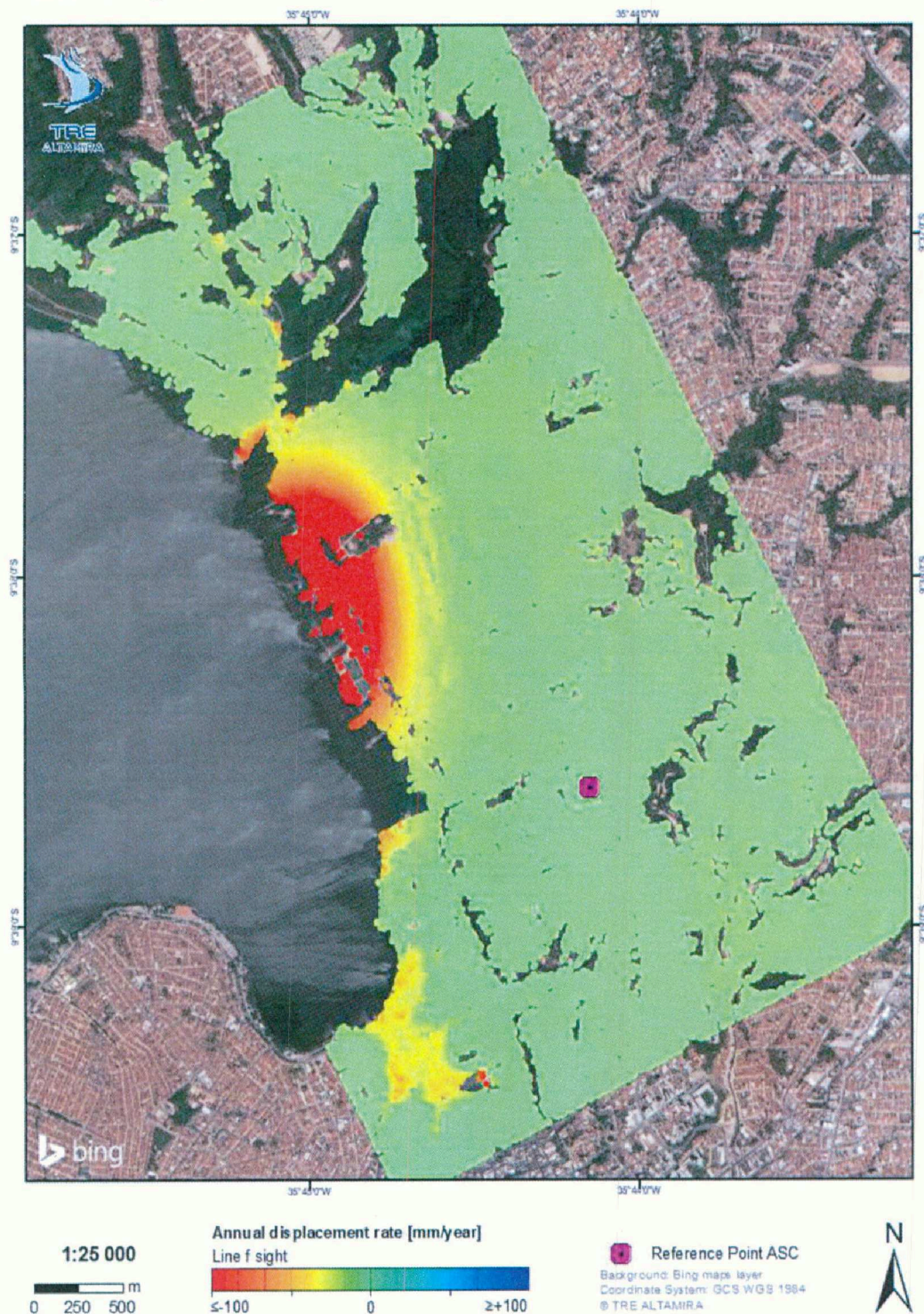


Figura 5: 1ª entrega SqueeSAR® (Julho 2018 - Julho 2019). Mapa do deslocamento anual em Ascendente.

3.1.1. Aceleração

A análise da aceleração dos deslocamentos permite detectar áreas onde a tendência de deslocamento está mudando. A Figura 6 mostra o significado da aceleração dependendo do sinal do movimento e o sinal da própria aceleração. Para um deslocamento positivo, uma aceleração positiva implica um incremento da relação do deslocamento, enquanto uma aceleração negativa é uma diminuição da relação do deslocamento. Para um valor negativo de deslocamento, uma aceleração positiva significa uma diminuição da relação do deslocamento, enquanto um valor negativo implica um incremento da relação. Valores igual a 0 resultam num padrão linear de deslocamento. A Figura 7 mostra a escala de cores e variação para ilustrar os valores de aceleração. A Figura 8 mostra o mapa de aceleração obtido.

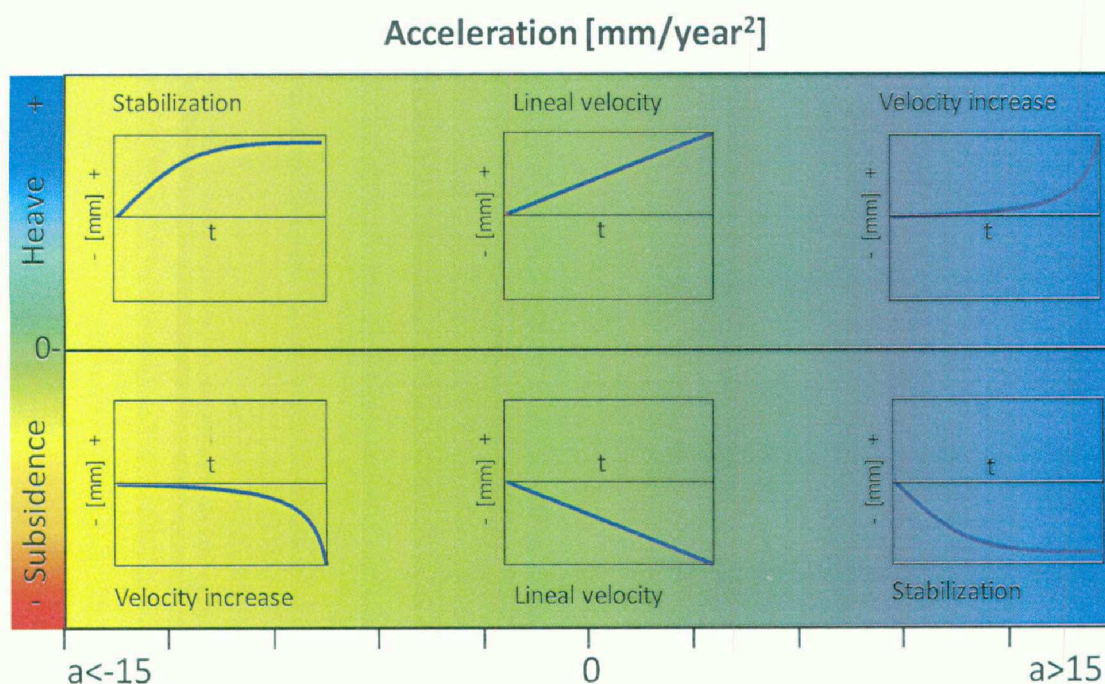


Figura 6: Sinal da aceleração e significado dependendo do sinal de deslocamento.

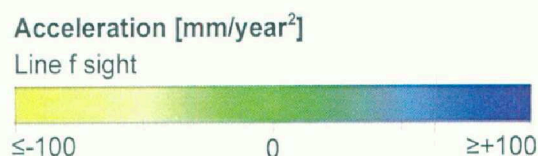


Figura 7: Escala de cor e variação utilizados para simbolizar a aceleração obtida nos resultados SqueeSAR®.