

Estudo sobre o fenômeno associado a rachaduras e afundamentos de terrenos em região urbanizada em Maceió-AL, através de estudos geológicos e geofísicos

Rio de Janeiro, Julho de 2021

Equipe:

André Luiz Ferrari - Geólogo Dr. (Coordenador)

Luiz Antônio Pierantoni Gamboa - Geofísico Dr. (Vice-Coordenador)

Reiner Olíbano Rosas - Geógrafo Dr.

André Etienne Ferraz - Geofísico Dr.

Davy Raeder Brandão - Doutorando

Marcio Lemos Rodrigues - Matemático, Especialista em Tecnologia da Informação, Mestrando

Carlos Eduardo Pereira Pacheco - Geofísico Doutorando

Fernanda Scofano Pinheiro - Graduanda em Engenharia Ambiental

Carlos José de Oliveira - Técnico de informática

Novo componente incorporado após o primeiro relatório:

Aristides Perez Frances - Geofísico Sênior,

Sumário

Introdução	1
1. Dados Sísmicos	2
1.1 Conversão das Linhas Sísmicas para profundidade	4
1.2 Correlação Poço-Sísmica	36
1.3 Atributos Sísmicos e Sismofácies	45
2. Gerar mapas de anomalias gravimétricas e magnéticas	85
2.1 Mapas gravimétricos e magnéticos em diversas escalas	85
3. Integração de mapas geológicos georreferenciados da região	104
3.1 Mapa Geológico integrado e revisão da geologia regional e local	104
4. Trabalhos de Campo	148
4.1. Relatório de Campo	149
Discussão Final do 1o Relatório.....	169

INTRODUÇÃO

O presente relatório técnico refere-se ao material a ser discutido no “Workshop de Acompanhamento” do projeto “Estudo sobre o fenômeno associado a rachaduras e afundamentos de terrenos em região urbanizada em Maceió-AL, através de estudos geológicos e geofísicos”. Trata-se de um relatório que apresenta resultados parciais, cobrindo os itens 1 a 4 do Cronograma de Execução, que constam do Termo de Execução Descentralizada – TED, firmado entre a Universidade Federal Fluminense – UFF e a Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais/Serviço Geológico do Brasil – CPRM, em dezembro de 2019.

Os resultados apresentados são preliminares e demandarão um avanço no tratamento e análise dos dados geológicos e geofísicos. Alguns aspectos dificultaram o trabalho, tais como algumas dificuldades no carregamento das linhas sísmicas e nos dados de pocos, o que demandou bastante tempo para organizar uma base de dados adequada, a baixa penetração dos dados de sísmica disponíveis para a área alvo, área submetida aos processos de afundamento e de rachaduras no meio urbano de Maceió, nos bairros Pinheiro, Bebedouro e Mutange. A pouca penetração dos dados disponibilizados está relacionada com o comprimento insuficiente das linhas adquiridas na área, obrigando a que procurássemos sanar o problema com dados regionais da ANP/BDEP. O ideal seria contarmos com um levantamento 3D adequado, visando imagear a camada de sal, com intuito de verificar a integridade das áreas de exploração. Outro aspecto, diz respeito à ausência de dados de microgravimetria, os quais também ajudariam na consecução deste objetivo. Adicionalmente deve-se ressaltar que os dados de poços disponibilizados pela Braskem estão todos em meio físico, demandando sua digitalização. Finalmente, as duas idas a campo previstas no início do projeto ficaram reduzidas a apenas uma, que permitiu três dias de trabalho em campo, os quais, apesar de altamente produtivos, foram insuficientes para uma visão completa da relação entre a geologia local e regional com as rachaduras e afundamentos na área urbana de Maceió.

Independente dessas dificuldades, conseguiu-se um resultado parcial bastante satisfatório que permitirá uma ampla discussão técnica no Workshop de Acompanhamento. Cabe assinalar que todos nós fomos pegos, a partir da segunda semana do mês de março, pela pandemia do novo Corona vírus, que fechou as Universidades e nos colocou em trabalho remoto, fato que não poupou qualquer instituição, dificultando um pouco a finalização dos trabalhos.

No presente momento estamos bem situados no problema, com os dados organizados e continuamos com as análises mais detalhadas da área em modo remoto. Acreditamos que em breve teremos resultados bastante abrangentes da área.

1. Analise dos Dados Sísmicos

Descrição das Realizações

Configuração do Ambiente de Trabalho

Montamos um Laboratório para execução do Projeto da CPRM.

Este laboratório é composto de Software da Paradigma de Interpretação Sísmica, Modelo de Velocidades.

Software Qgis para manipulação de Figuras Georreferenciadas, além do Pacote Office.

Item 1.1 – Conversão das Linhas Sísmicas para profundidade.

Carregamento de 91 Linhas Sísmicas 2-D

Foi criado o Projeto CPRM_MACEIO com o seguinte sistema de referência de coordenadas:

- Projeção UTM; Zona 25S ; Meridiano Central 33W; Datum: Sirgas 2000

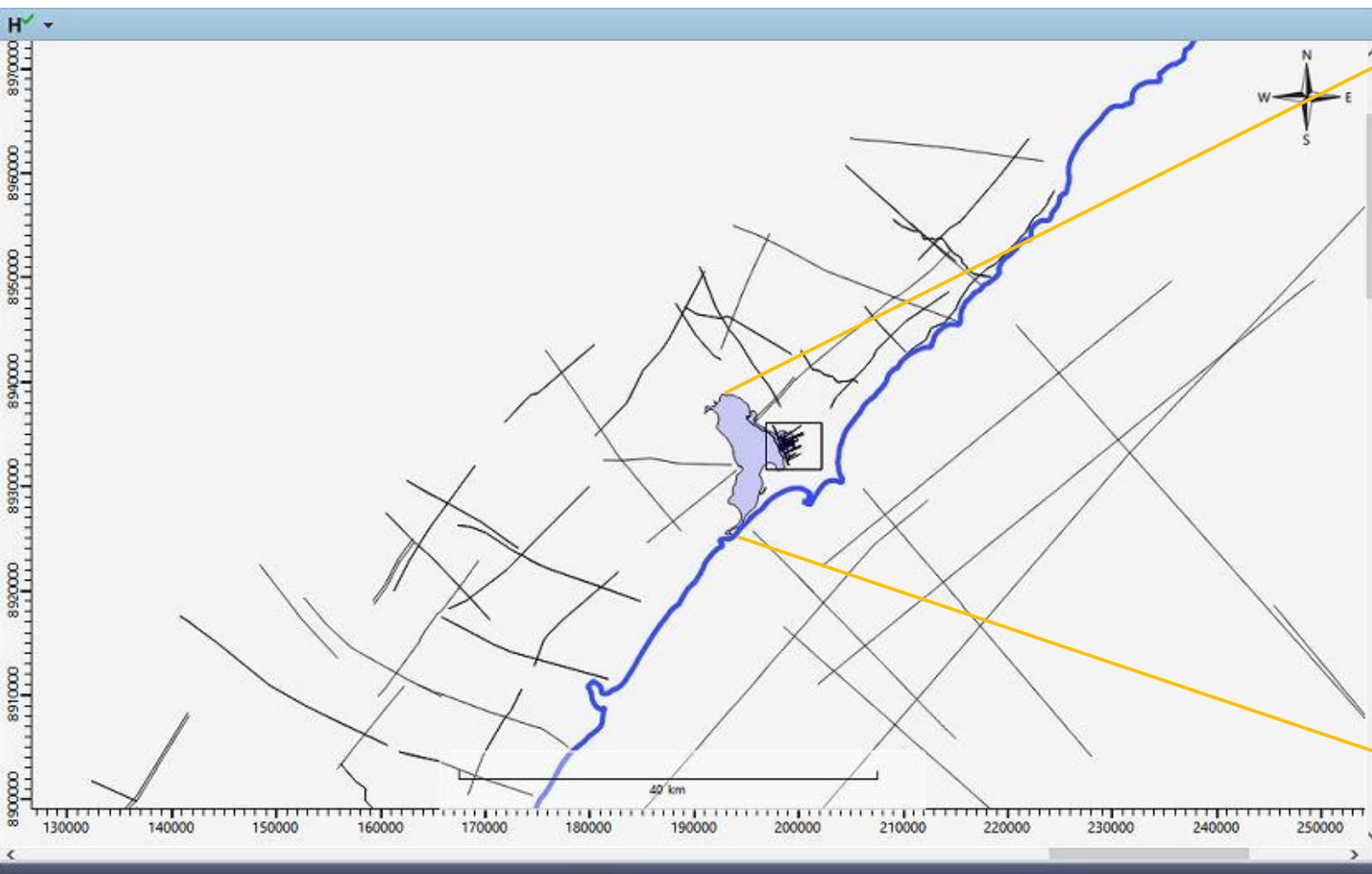
As Linhas Sísmicas recebidas apresentaram Sistemas de Referência de Coordenadas diferentes ao do Projeto criado no Paradigma, sendo necessário informar corretamente em cada Linha 2-D o sistema em que se encontrava, haviam Linhas 2-D em Aratu, SAD-69, Sirgas2000 e Meridiano Central 39.

Foi realizado um criterioso controle de qualidade para que as Linhas 2-D não fossem carregadas de maneira equivocada.

Criação e Carregamento de *Shapefiles*

Foram criados e carregados os *shapefiles* correspondentes aos bairros afetados, a Lagoa Mundaú e a Linha de Costa que serve de referência geográfica para as Linhas 2-D carregadas.

Projeto CPRM_MACEIO – Linhas 2-D & Shapefile Linha de Costa



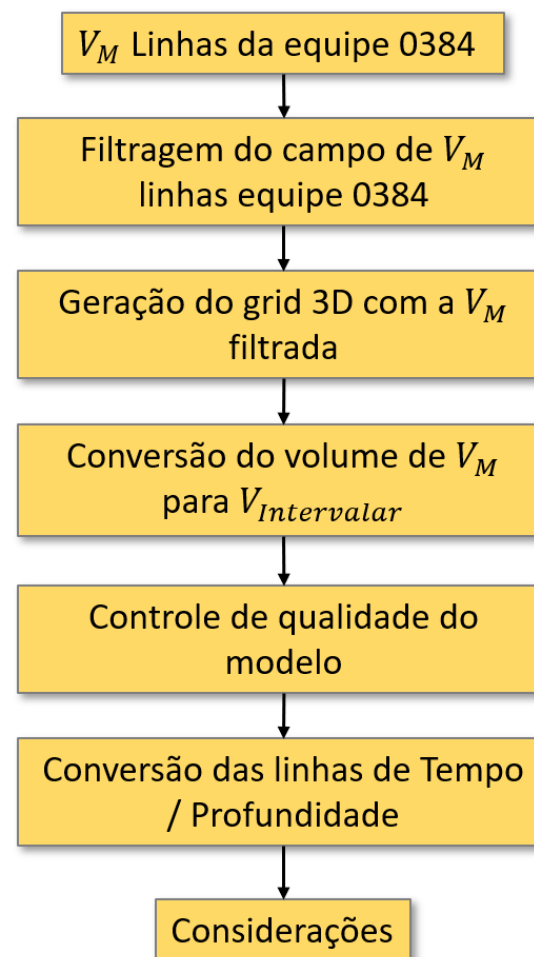
1.1 Modelo de Velocidade

Conversão Tempo / Profundidade

1.1.1 Objetivos

1. Gerar o primeiro modelo de velocidade e controle de qualidade baseado nos dados de velocidade para as 19 linhas da equipe 0384;
2. Apontar as dificuldades e direcionamentos futuros dentre elas a necessidade de integrar a interpretação regional ao modelo de velocidade;
3. Apresentar uma rotina de edição dos dados de velocidade fornecidos pela ANP, a fim de aproveitar as informações disponibilizadas;

1.1.2 Fluxo de Trabalho



Conversão Tempo x Profundidade

- Os modelos de velocidade necessários para conversão das linhas em tempo para profundidade foram criados utilizando-se as informações obtidas a partir do campo de velocidade de migração utilizada no processamento pós stack das linhas 2-D adquiridas pela Brasken.
- Estes modelos carecem de ajustes baseados na interpretação sísmica regional e amarração com os perfis de poços, que está em fase inicial devido à necessidade de digitalizar as informações disponíveis.
- Aproximação de Dix ...

1.1 Conversão tempo profundidade e tipos de velocidade no fluxo de interpretação

- A **Velocidade Média (V_m)**, corresponde a velocidade verdadeira de propagação de uma onda da superfície até um refletor conhecido. Para obtê-la é necessário conhecer velocidades e as espessuras das camadas que compõem o pacote sedimentar;
- Estas informações somente são acessíveis por meio de levantamentos de sísmica de poço como: *check-shot ou borehole seismic*.

$$V_M = \frac{Z_1 + Z_2}{T_1 + T_2} = \frac{T_1 V_1 + T_2 V_2}{T_1 + T_2} = \frac{\sum_{i=1}^n T_i V_i}{\sum_{i=1}^n T_i}$$

Onde: V_M = Velocidade média;

V_1 = Velocidade da camada inferior;

T_1 = Tempo da camada superior ;

V_2 = Velocidade da camada superior;

T_2 = Tempo da camada superior.

1.1 Conversão Tempo Profundidade: Tipos de velocidade no fluxo de interpretação

▪ A **Velocidade Média Quadrática** (V_{RMS}), pode ser definida matematicamente ou estimada a partir da **Velocidade de Normal Moveout** (V_{NMO}). Esta por sua vez, corresponde a um tipo de velocidade empregada no fluxo de processamento sísmico (Thomas, 2004).

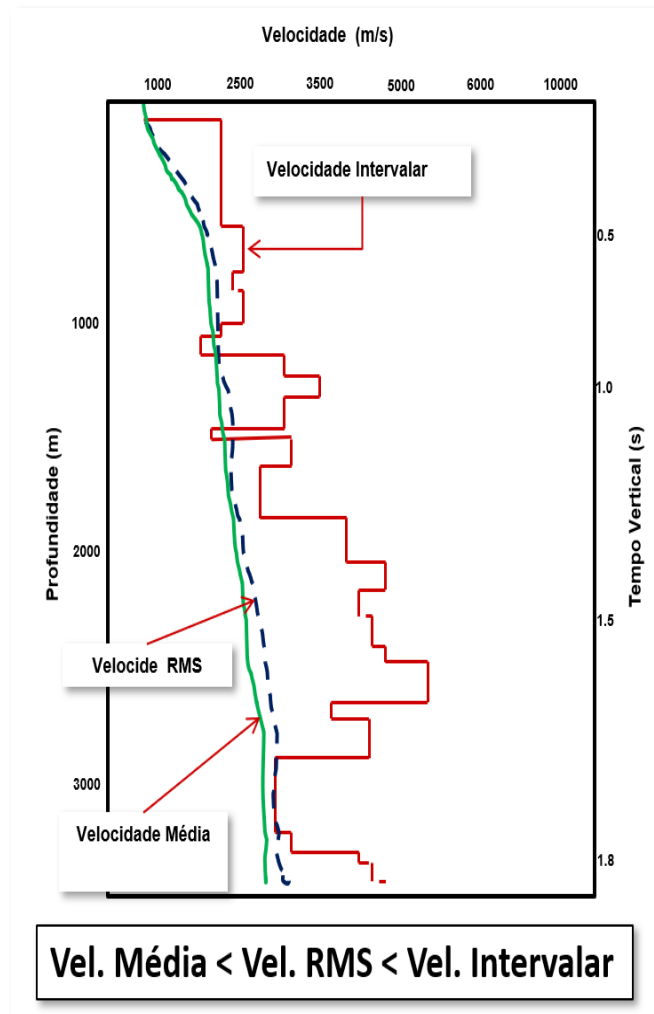
$$V_{RMS}^2 = \frac{\sum_{i=1}^n T_i V_i^2}{\sum_{i=1}^n T_i}$$

1.1 Conversão Tempo Profundidade: Tipos de velocidade no fluxo de interpretação

▪ **A Velocidade Intervalar (V_{int})**, correspondente a velocidade calculada diretamente da equação da VM ou da V_{RMS} . Esta por sua vez, é empregada na conversão tempo-profundidade. No cálculo da V_{int} , V_n e V_{n-1} são as velocidade RMS entre a base e o topo das n camadas a serem calculadas (Thomas, 2004).

$$V_i^2 = \frac{V_n^2 T_n - V_{n-1}^2 T_{n-1}}{T_n - T_{n-1}}$$

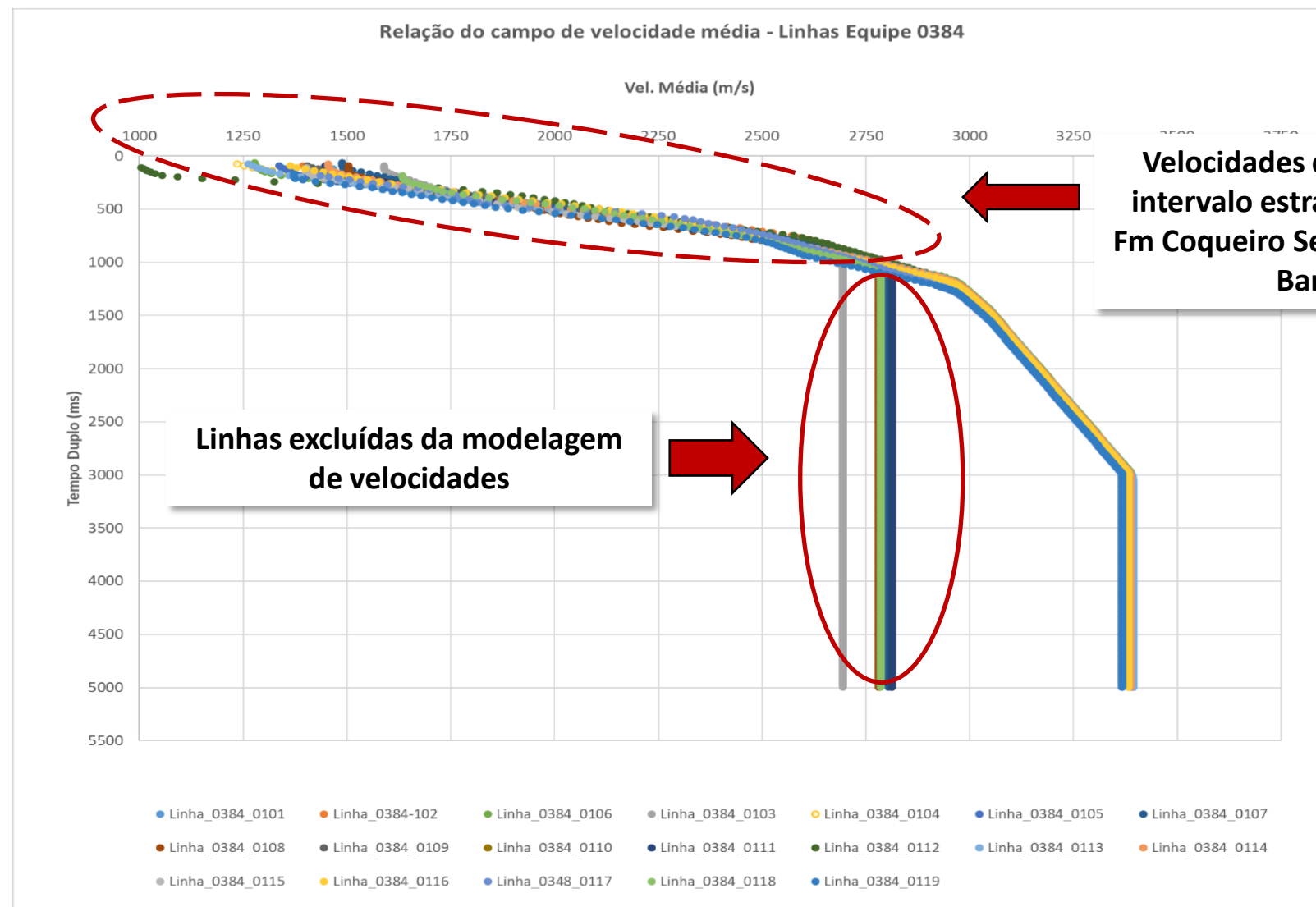
1.1 Conversão Tempo Profundidade: Tipos de velocidade no fluxo de interpretação



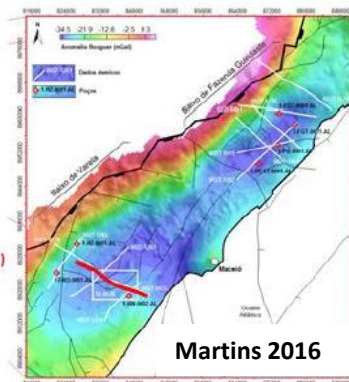
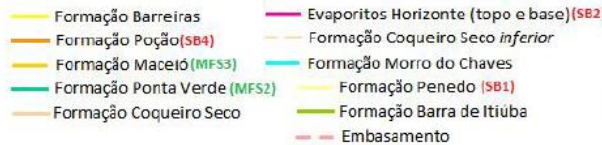
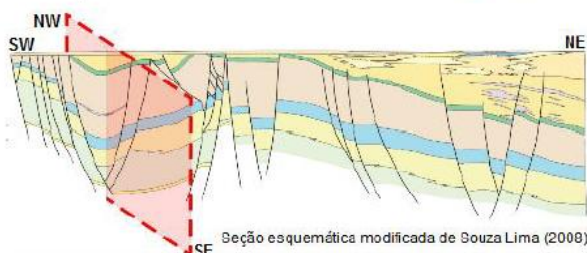
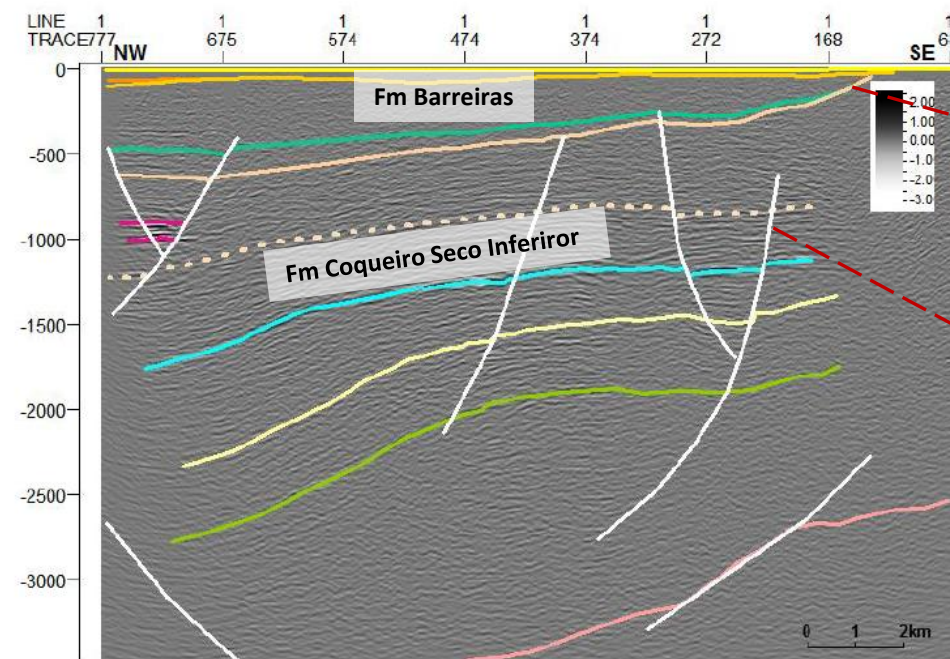
- A **Velocidade Intervalar** é obtida a partir da aproximação de *Dix ou fórmula de Dix* que fornece a enésima velocidade (V_n) intervalar de uma camada;
- Esta velocidade é empregada na conversão Tempo/Profundidade.

$$V_{n(Dix)} = \left[\frac{V_n^2 T_n - V_{n-1}^2 T_{n-1}}{T_n - T_{n-1}} \right]^{1/2}$$

1.1.3 Análise do campo de velocidade - Resultados

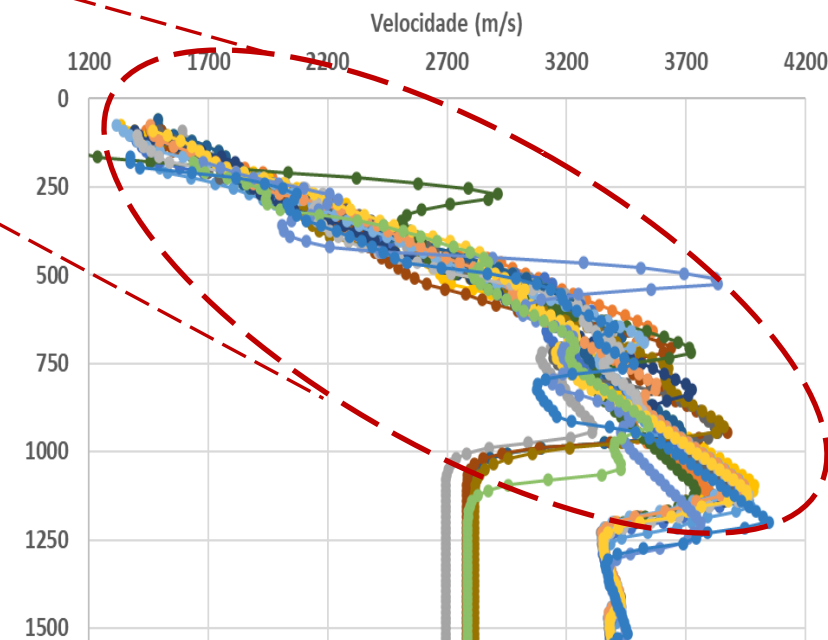


1.1.3 Análise do campo de velocidade - Resultados



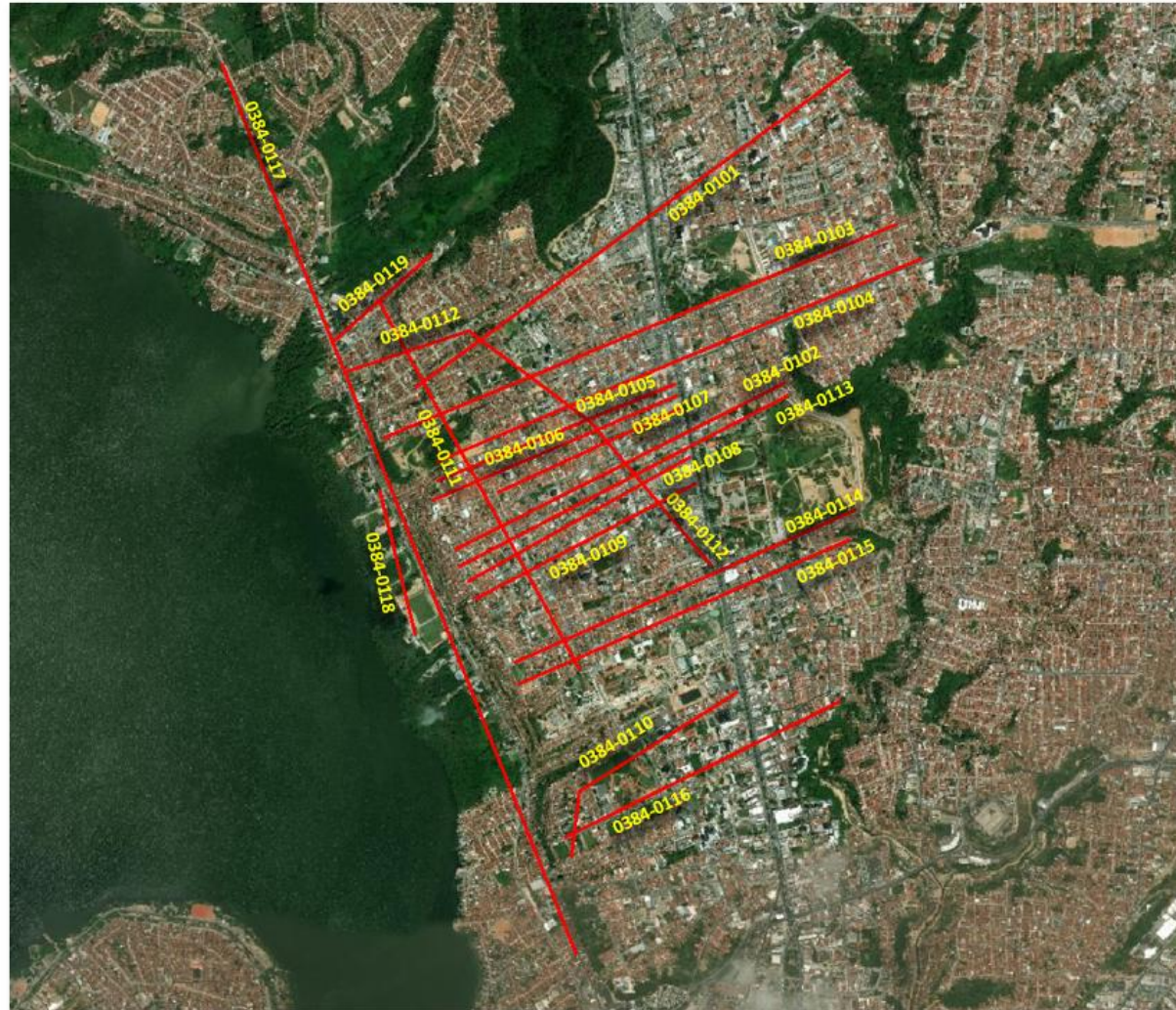
Linhas excluídas da modelagem de velocidades:

Campo da velocidade intervalar - Linhas Equipe 0384



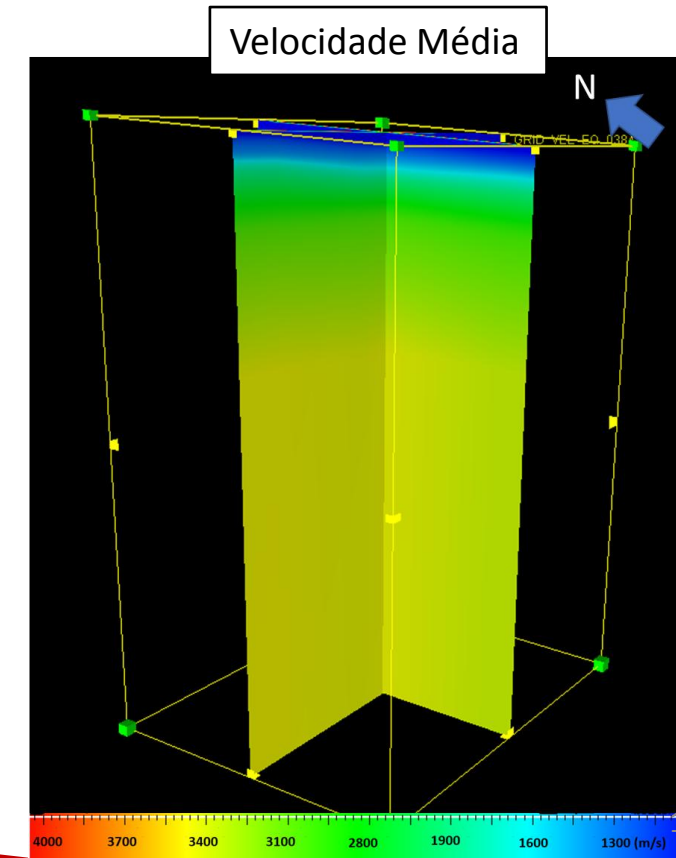
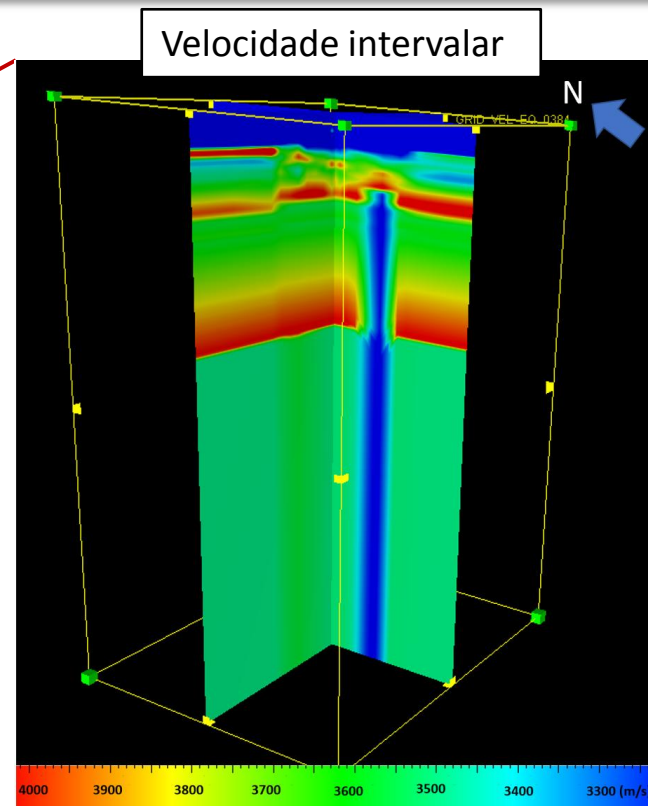
Vel. Intervalar que abrange o intervalo estratigráfico entre a Fm Coqueiro Seco Inferior e a Fm Barreiras

1.1.3 Análise do campo de velocidade – Linhas 2-D utilizadas no Modelo



1.1 Análise do campo de velocidade - Resultados

Cubo de velocidade média gerado a partir das linhas 2D da equipe 0384, com abrangência de 34 km² ao largo da sua área de influência.



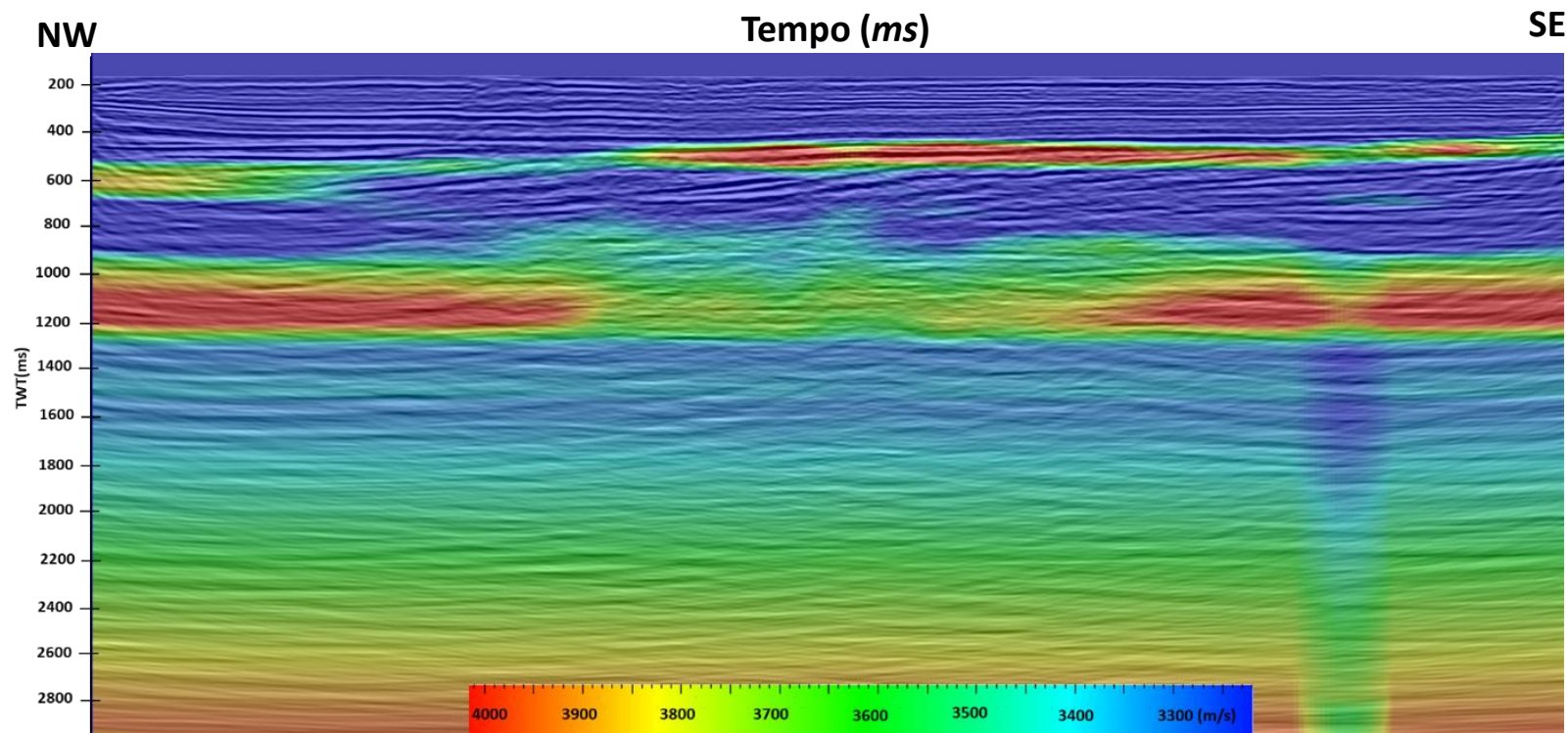
1.1. Análise do Campo de Velocidades – Velocidade Intervalar

1.1 Localização da Linha sísmica *dip* 0384_0117



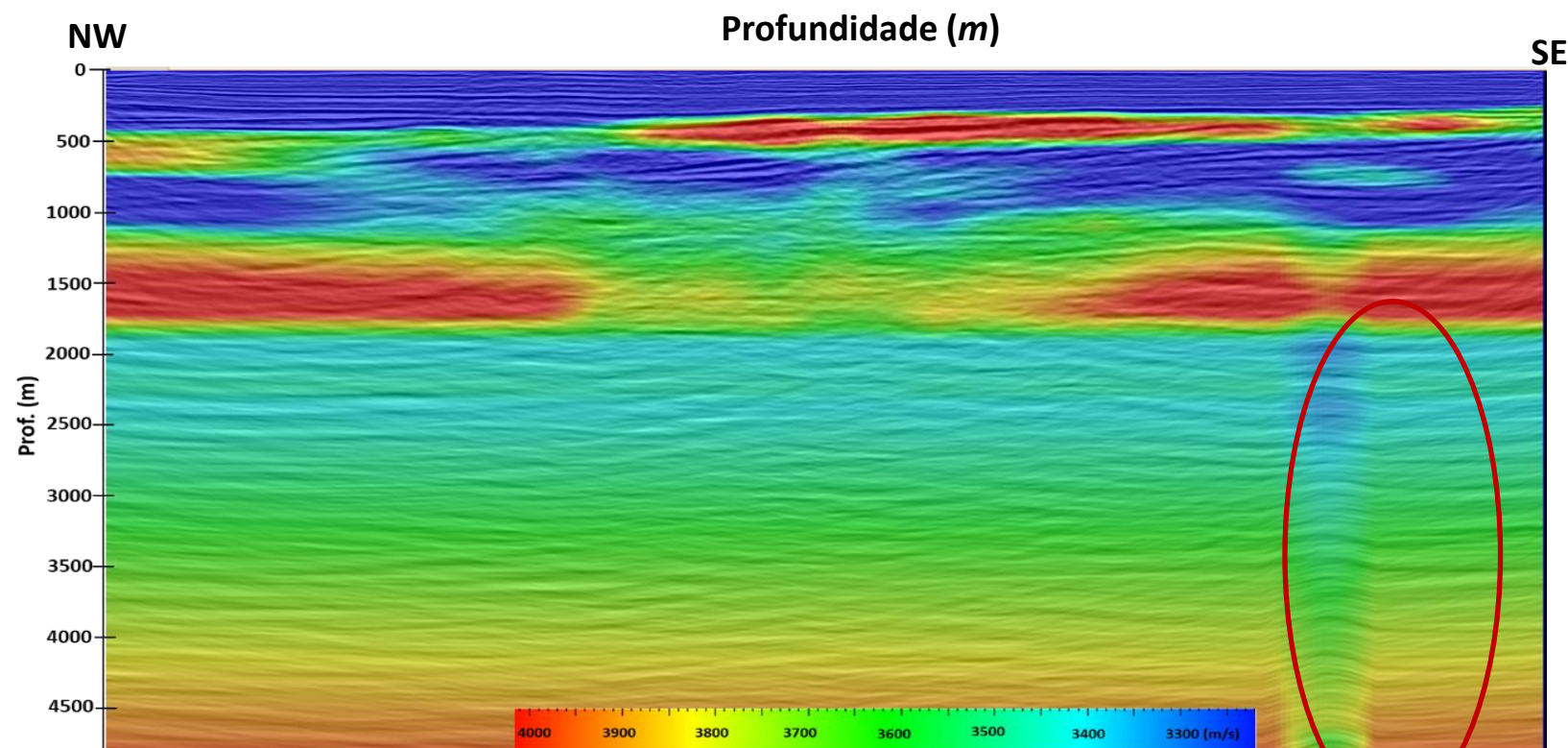
- Linha *Dip* mais abrangente que intersecta todas as linhas da equipe 0384.
- Esta linha se encontra próxima às minas na área urbana de Maceió, e serve de referencia para as demais linhas deste volume de dados pela sua posição e comprimento em relação as demais.

1.1 Linha *dip* 0834-0117 – Tempo Duplo



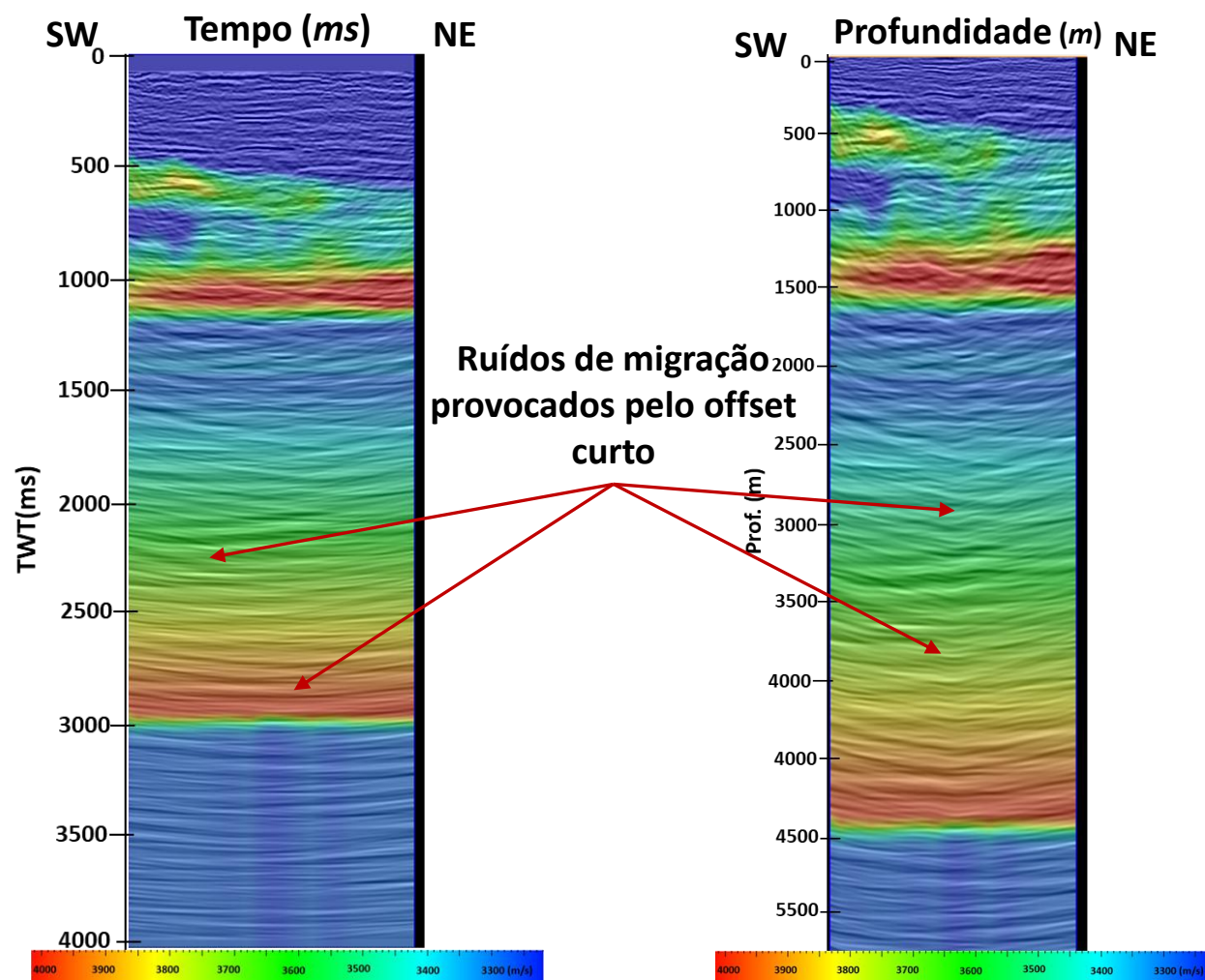
- Anomalia de velocidade entre 1.000 e 1.250 *ms* de tempo duplo pode estar associada aos evaporitos nesta área e a outra anomalia em torno de 600 *ms*, a existência de uma camada mais rígida mais próxima da superfície (uma camada litificada, de conglomerado, calcário, etc, esta análise será feita a partir da correlação da sísmica com os poços.

1.1 Linha *dip* 0834-0117 – Prof.



Anomalia de velocidade
gerada pela modelagem,
formando efeito de *pull up*.

1.1. Linha *strike* 0834-0102 – Tempo/Profundidade

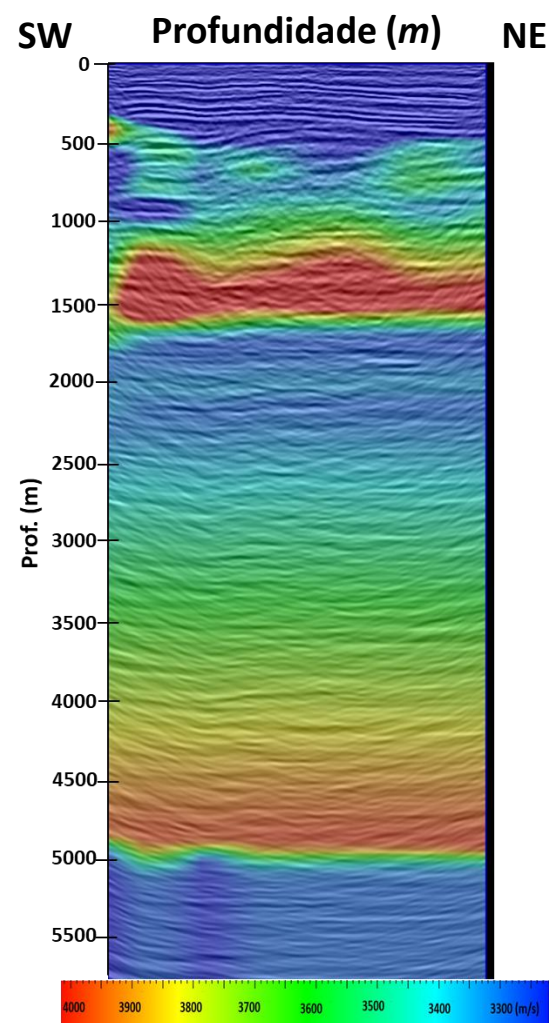
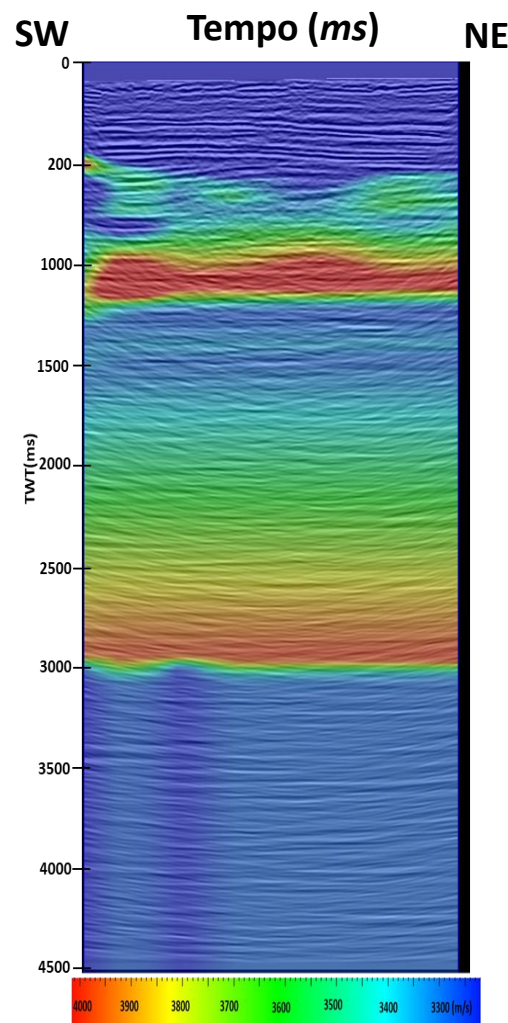


- Linha Strike direção SW-NE. Nesta se observa a distorção dos refletores a partir da profundidade de 1200 ms de tempo duplo;
- Os “sorrisos” de migração deslocam os refletores para cima de forma parabólica.

Localização

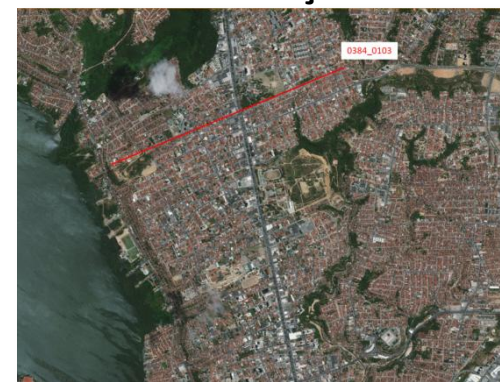


1.1 Linha *strike* 0834-0103 – Tempo/Profundidade

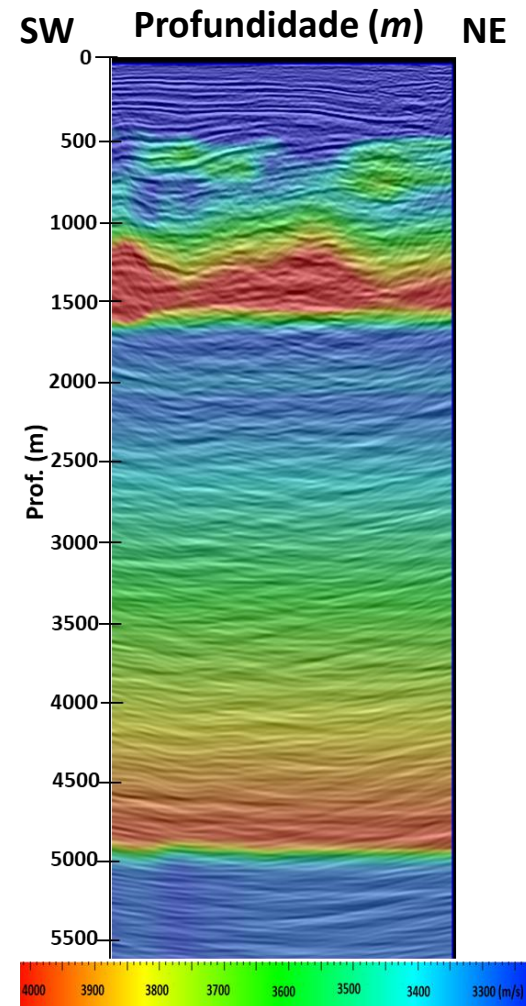
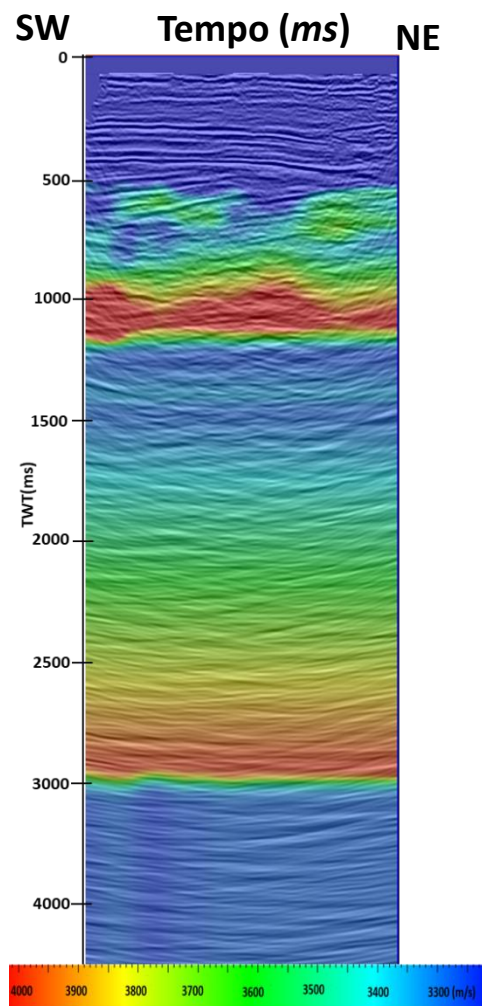


- Anomalia de velocidade entre 1.000 e 1.250 *ms* de tempo duplo;
- Ruídos de migração “Sorrisos” predominantes partir de 1.200 *ms* de tempo duplo.
- Hipótese: Verificar se estas anomalias de velocidade podem estar refletindo camadas de evaporitos em sub-superfície.

Localização



1.1 Linha strike 0834-0104 – Tempo/Profundidade

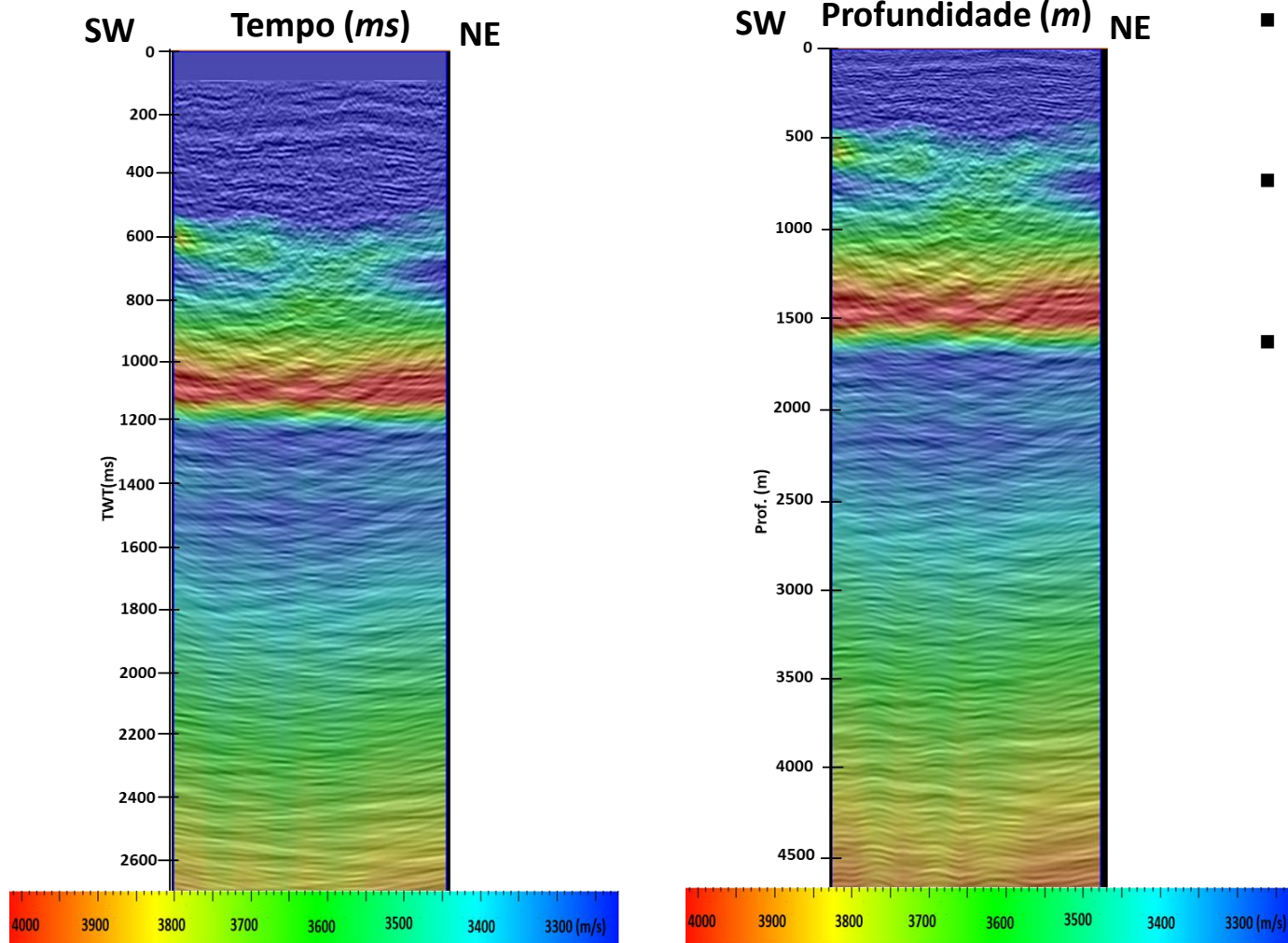


- Anomalia de velocidade entre 1.000 e 1.250 *ms* de tempo duplo;
- Ruídos de migração “Sorrisos” predominantes partir de 1.200 *ms* de tempo duplo.

Localização



1.1 Linha Strike 0834-0115 – Tempo/Prof.

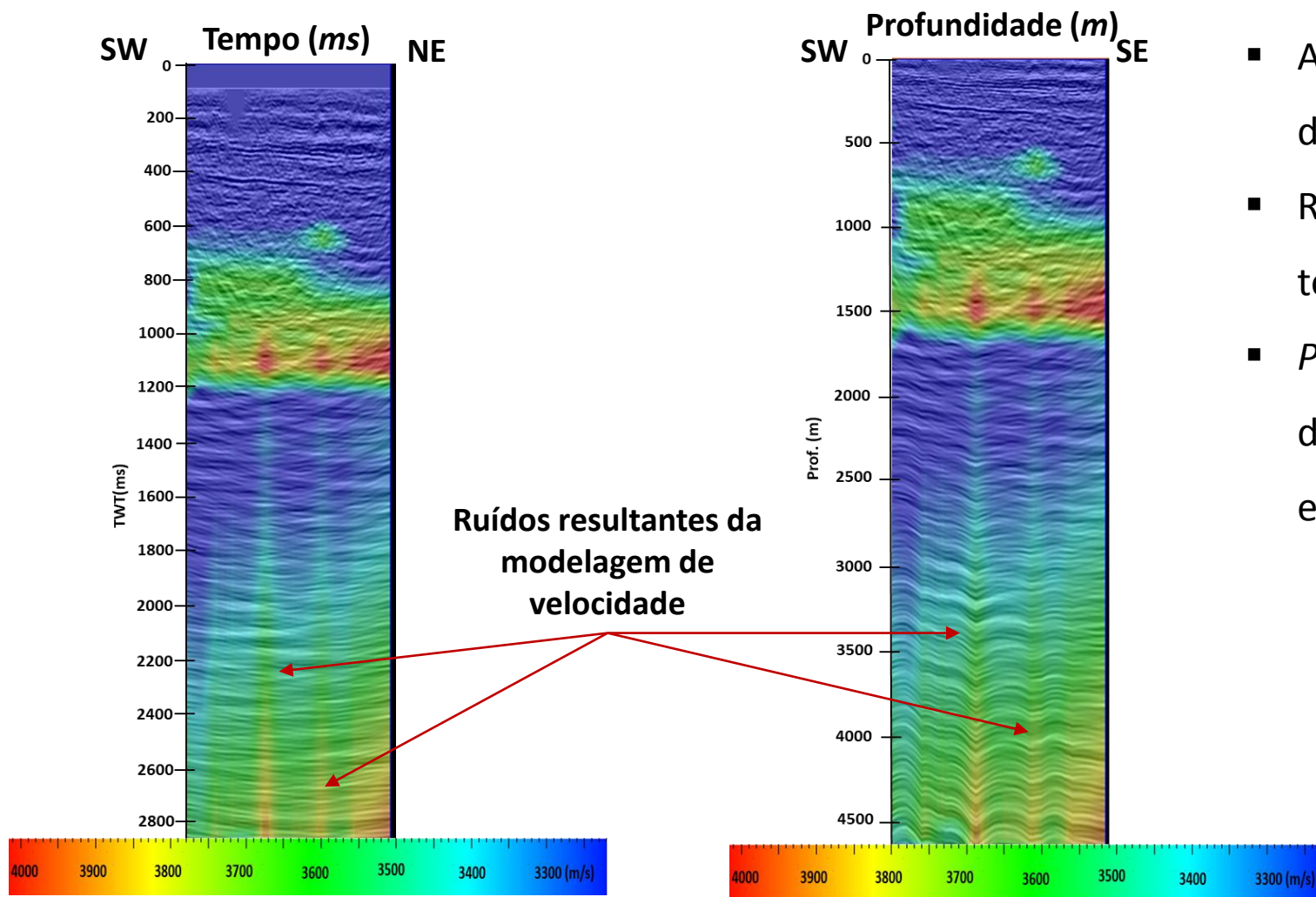


- Anomalia de velocidade entre 1.000 e 1.250 *ms* de tempo duplo;
- Ruídos de migração “Sorrisos” predominantes em todo volume sísmico;
- Ruídos “sorrisos” provocados pelo offset curto não possibilitam a interpretação de refletos a partir de 1400 *ms* de tempo duplo.

Localização



1.1 Linha *strike* 0834-0116 – Tempo/Prof.

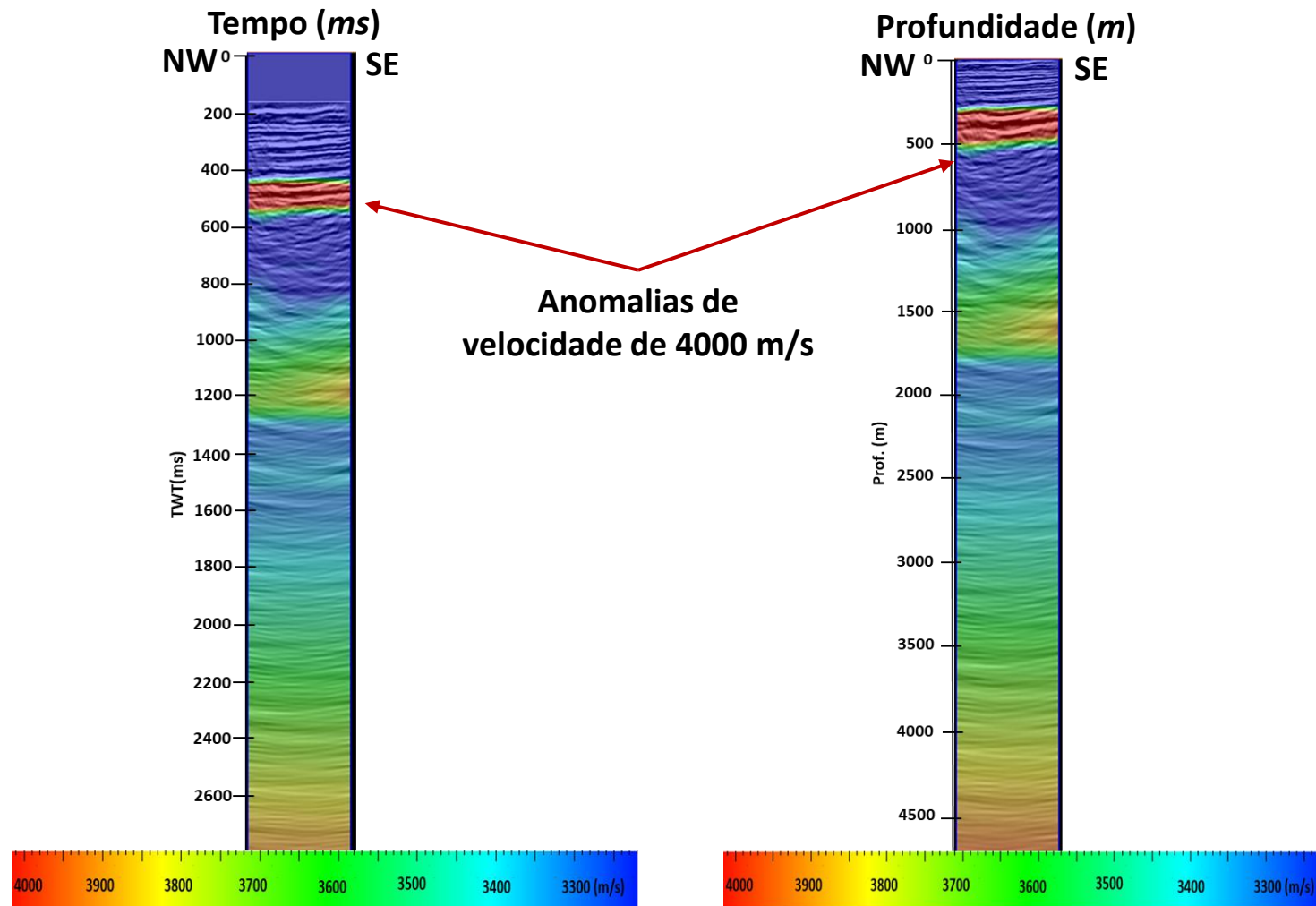


- Anomalia de velocidade entre 1.000 e 1.250 *ms* de tempo duplo;
- Ruídos de migração “sorrisos” predominantes em todo volume sísmico;
- *Pull up* dos refletores sísmicos provocado deslocamento dos refletores acima da posição esperada.

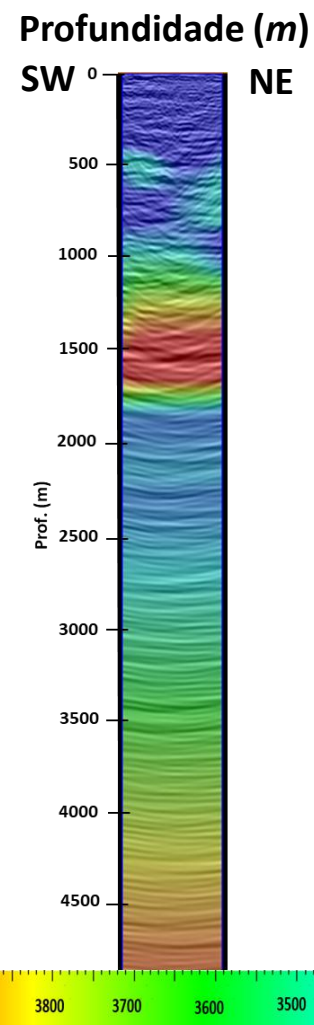
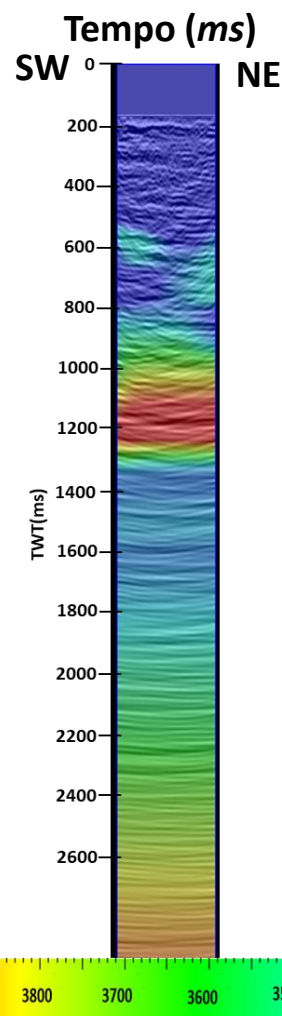
Localização



1.1 Linha *dip* 0834-0118 – Tempo/Prof.



1.1 Linha *strike* 0834-0119 – Tempo/Prof.



- Anomalia de velocidade entre 1.000 e 1.300 *ms* de tempo duplo;
- Ruídos de migração “Sorrisos” predominantes em todo volume sísmico;

Localização



1.1.4 Próximas etapas

- Integrar a interpretação regional ao modelo de velocidade gerado para as linhas da equipe de aquisição sísmica 0384;
- Ajustar os arquivos de velocidade da sísmica regional fornecidos pela ANP, inserindo as coordenadas no campo reservado dos shotpoints existente nos arquivos de velocidade **.VELF**;
- Desenvolver uma rotina de associação entre os *shotpoints* dos arquivos de velocidade (**.VELF**) com os *shotpints* das linhas carregadas no projeto de interpretação;

1.1.4 Próximas etapas

- A realização destas etapas possibilitará validar os campos de velocidade observados nas linhas sísmicas da equipe 0384 que sem encontram na área do entorno da mineração da área urbana de Maceió, associando estas velocidades ao campo de velocidades regional, bem como integrar informações da interpretação regional com as informações próximos a área do entorno.

1.1.4 Principais dificuldades – Exemplo

Exemplo de arquivo VELF (Velocidade para a linha 0027-101)

Shotpoint ->

1	LINE	0027-1010													
2	SPNT	3	X?	Y?	Ausência da coordenada UTM										
3	VELF	0	2279	50	2279	100	2279	150	2302	200	2324				
4	VELF	250	2347	300	2369	350	2423	400	2477	450	2531				
5	VELF	500	2585	550	2650	600	2715	650	2780	700	2845				
6	VELF	750	2916	800	2988	850	3059	900	3131	950	3194				
7	VELF	1000	3258	1050	3321	1100	3385	1150	3434	1200	3483				
8	VELF	1250	3533	1300	3582	1350	3620	1400	3657	1450	3695				
9	VELF	1500	3733	1550	3765	1600	3796	1650	3828	1700	3859				
10	VELF	1750	3888	1800	3918	1850	3947	1900	3976	1950	4003				
11	VELF	2000	4031	2050	4058	2100	4085	2150	4109	2200	4133				
12	VELF	2250	4157	2300	4182	2350	4202	2400	4222	2450	4242				
13	VELF	2500	4262	2550	4278	2600	4295	2650	4311	2700	4327				
14	VELF	2750	4340	2800	4352	2850	4365	2900	4377	2950	4388				
15	VELF	3000	4398	3050	4408	3100	4418	3150	4428	3200	4437				
16	VELF	3250	4446	3300	4455	3350	4463	3400	4471	3450	4478				
17	VELF	3500	4486	3550	4492	3600	4498	3650	4504	3700	4510				
18	VELF	3750	4513	3800	4515	3850	4517	3900	4520	3950	4520				
19	VELF	4000	4520												
20	SPNT	8	X?	Y?	Ausência da coordenada UTM										
21	VELF	0	2282	50	2282	100	2282	150	2305	200	2327				
22	VELF	250	2350	300	2372	350	2426	400	2479	450	2533				
23	VELF	500	2587	550	2652	600	2717	650	2782	700	2847				
24	VELF	750	2918	800	2989	850	3060	900	3132	950	3195				
25	VELF	1000	3259	1050	3323	1100	3386	1150	3436	1200	3485				
26	VELF	1250	3534	1300	3583	1350	3621	1400	3659	1450	3697				
27	VELF	1500	3735	1550	3767	1600	3798	1650	3830	1700	3861				
28	VELF	1750	3891	1800	3920	1850	3949	1900	3978	1950	4005				
29	VELF	2000	4033	2050	4060	2100	4087	2150	4111	2200	4135				
30	VELF	2250	4159	2300	4183	2350	4203	2400	4223	2450	4244				
31	VELF	2500	4264	2550	4280	2600	4296	2650	4312	2700	4328				
32	VELF	2750	4341	2800	4354	2850	4366	2900	4379	2950	4389				
33	VELF	3000	4399	3050	4409	3100	4420	3150	4429	3200	4438				
34	VELF	3250	4447	3300	4456	3350	4464	3400	4472	3450	4479				
35	VELF	3500	4487	3550	4493	3600	4499	3650	4505	3700	4511				

Shotpoint ->

- Colocar as coordenadas geográficas na linha SPN para todos os *shotpoints* dos arquivos de velocidade das linhas regionais.

1.1.5 Considerações Parciais e ações futuras

- As linhas da equipe 0384 foram convertidas em profundidade com o Modelo de velocidade gerado a partir da velocidade de migração;
- Presença de duas anomalias de velocidade observadas no modelo de velocidade intervalar, que serão correlacionadas com a geologia através da análise de correlação dos poços perfurados na área da mineração, sendo estas:
 1. A primeira entre 450 e 650 *ms* de tempo duplo com velocidades entre 3.500 a 3.800 *m/s*
 2. A segunda entre 850 a 1.200 *ms* de tempo duplo com velocidades entre 3.850 a 4.000 *m/s*;

1.1.5 Considerações Parciais e ações futuras

- Verificar a associação das anomalias de velocidade observadas com os evaporitos, integrando os dados de velocidade com a interpretação sísmica regional;
- Calibrar o modelo de velocidade gerado a partir do campo de velocidade das linhas da equipe 0384, eliminando os efeitos de baixa velocidade utilizando como insumo a interpretação regional;

1.2 Correlação Poço-Sísmica

1.2 Correlação poço-sísmica - Objetivos

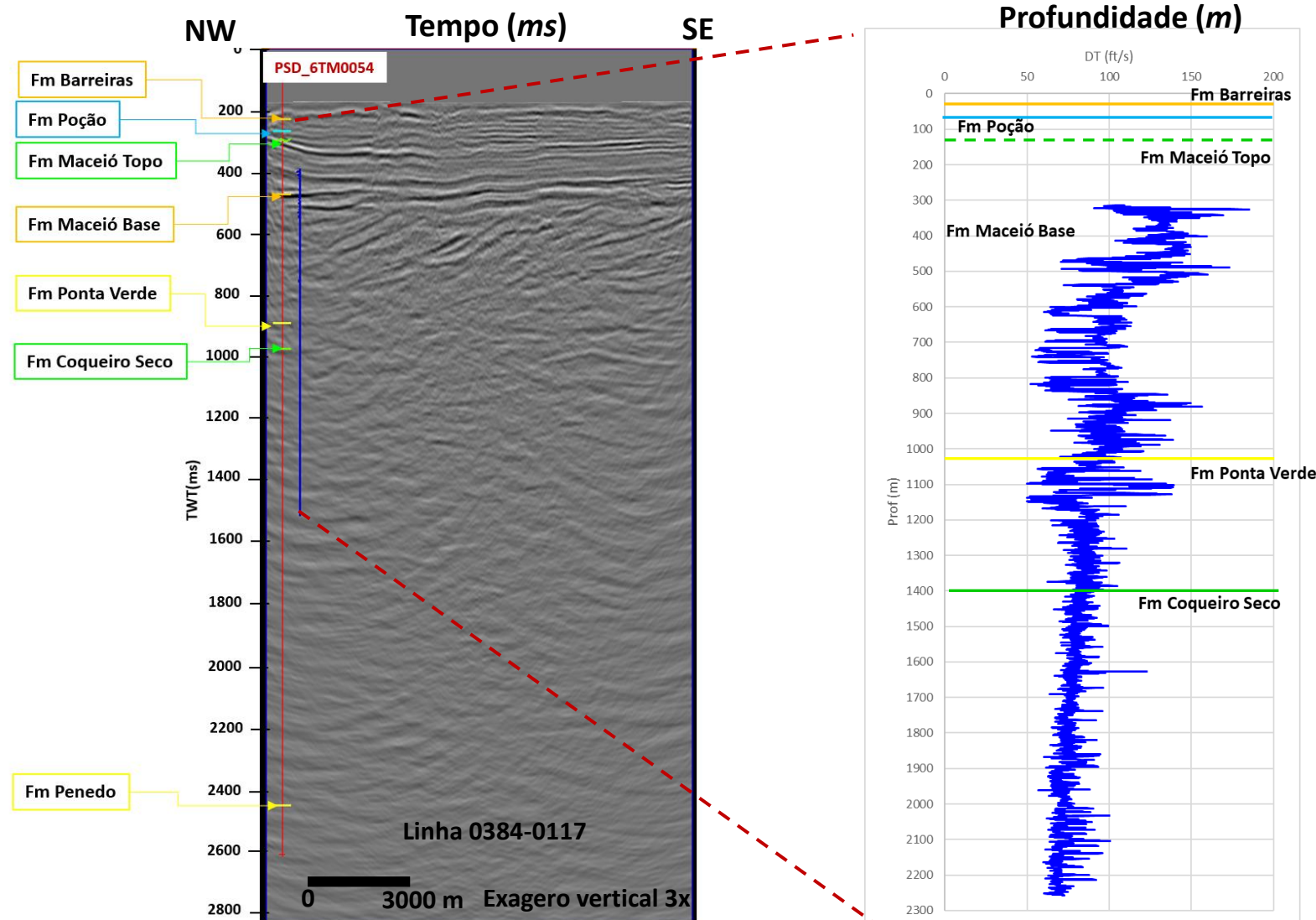
- Apresentar a primeira correlação poço-sísmica utilizando o poço transportado 6TM0054 para a linha sísmica 0384-0117;
- Interpretar os eventos sísmicos utilizando os marcadores do poço a fim de obter uma visão preliminar da camadas de subsuperfície;

1.2 Correlação poço-sísmica – Pseudo Poço



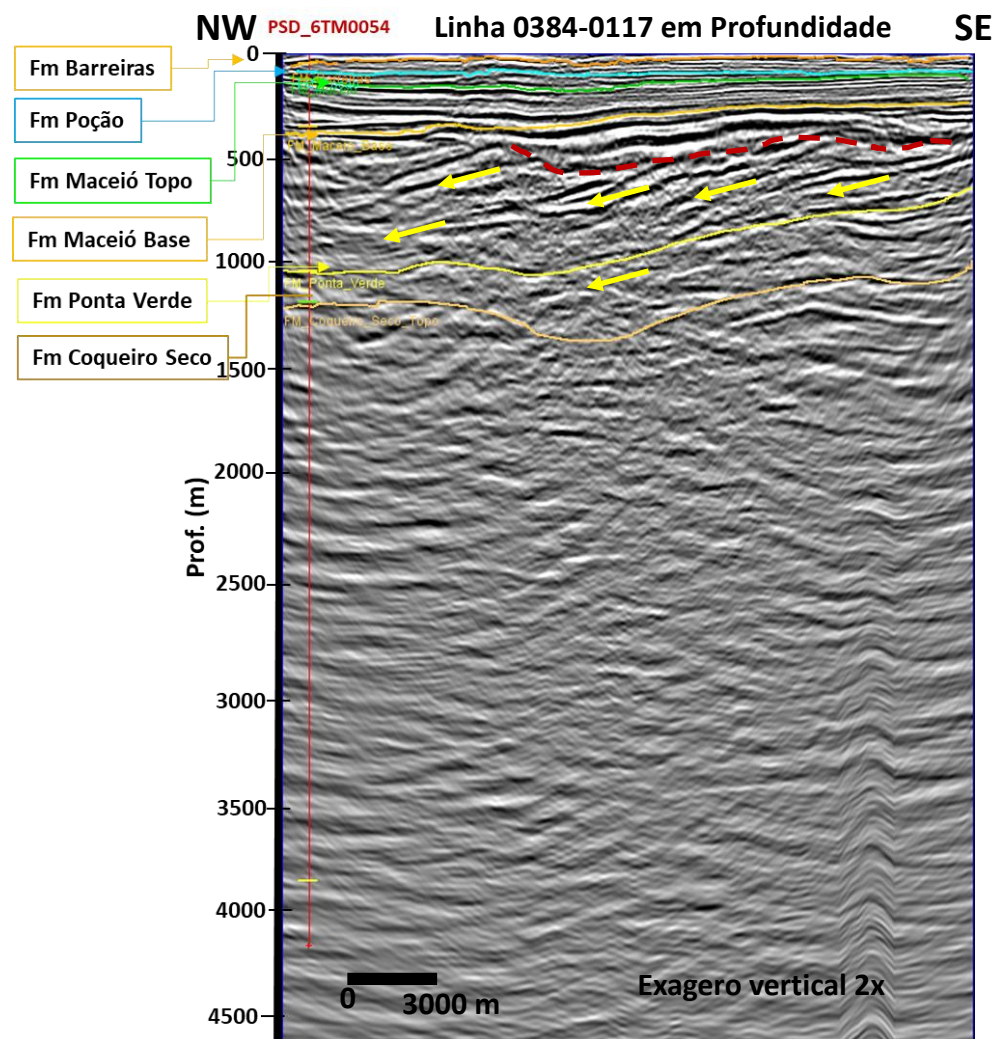
- Poço 6TM0054 deslocado 1.350 metros em direção a linha sísmica 2D 0384_0117;
- Poço deslocado foi nomeado de PSD_6TM0054.

1.2 Correlação poço-sísmica – Poço em tempo



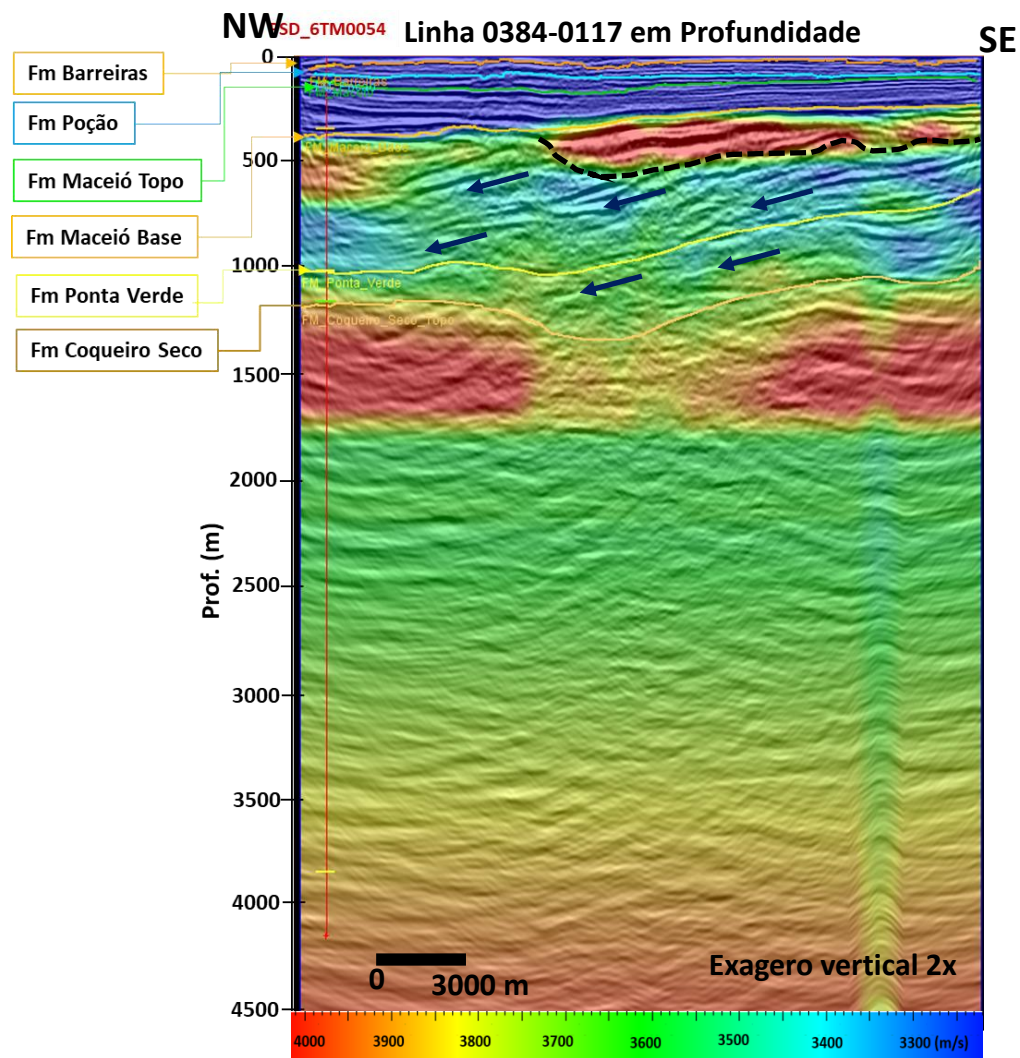
- Perfil sônico projetado na linha sísmica 0384-0117 em tempo duplo TWT(ms)

1.2 Correlação poço-sísmica – Interpretação



- Interpretação da linha sísmica 0384-0117 convertida para profundidade;
- Se observa a presença de uma discordância na base da Fm Maceió, bem como a progradação das sequências sedimentares acima da Fm Ponta Verde em direção ao continente (setas em amarelo);
- Presença de um refletor com alto contraste de impedância logo abaixo da base da Fm Maceio (destacado em vermelho).
- Este refletor (destacado em vermelho) é discordante em relação ao sentido de progradação observados nos refletores das sequências abaixo.

1.2 Correlação poço-sísmica – Interpretação



- Discordância bem marcada pelo campo de velocidades observado acima da Fm Maceió;
- Anomalia de velocidade entre 3800 a 4000 m/s observada nos refletores abaixo da base da Fm Maceió (linha preta tracejada);
- Refletores abaixo da anomalia de velocidade se encontram discordantes em relação ao sentido de progradação das sequências sedimentares abaixo da base da Fm Maceió;
- Adensar o controle de poços a fim de fazer a associação entre o campo de velocidades proveniente da sísmica e a litologia observada nos poços.

1.2 Principais dificuldades e ações

- Melhorar o conhecimento da geologia de subsuperfície por meio do adensamento da cobertura sísmica próxima a área de estudo com os novos dados recebidos;
- Adensar as informações de sub-superfície a partir dos dados de poços, priorizando o carregamento das linhas sísmicas que cruzam os poços 1TM0001AL; 3TM002AL; 3TM0009AL; 6TM0054 e 4ST0001AL;
- Integrar a interpretação regional à interpretação das linhas sísmicas da equipe 0384;

1.2 Considerações

- Será necessário uma maior quantidade de linhas sísmicas próximas a área de estudo, a fim de ajustar os marcadores de forma correta;
- A primeira associação entre dados de poço evidenciam uma discordância localizada na base da Fm Maceió que delimita uma anomalia de alta velocidade (entre 3500 – 4.000 m/s). Foram observadas nas linhas próximas a área urbana em subsuperfície, progradações de direção SE com espessura na ordem de 500 m. Intercalados a estas sequências, se observam anomalias de velocidades associadas a uma discordância sotopostas à base da Fm Maceió. Esta por sua vez, não possui variação lateral suficiente para ser associada ao poço transportado PSD_6TM0054 ;

1.2 Considerações

- Como a sucessão das sequências sedimentares se apresenta bastante complexa, se observa a necessidade de se ter um maior o controle de poços, a fim de estabelecer um bom controle estratigráfico para a área de estudo.

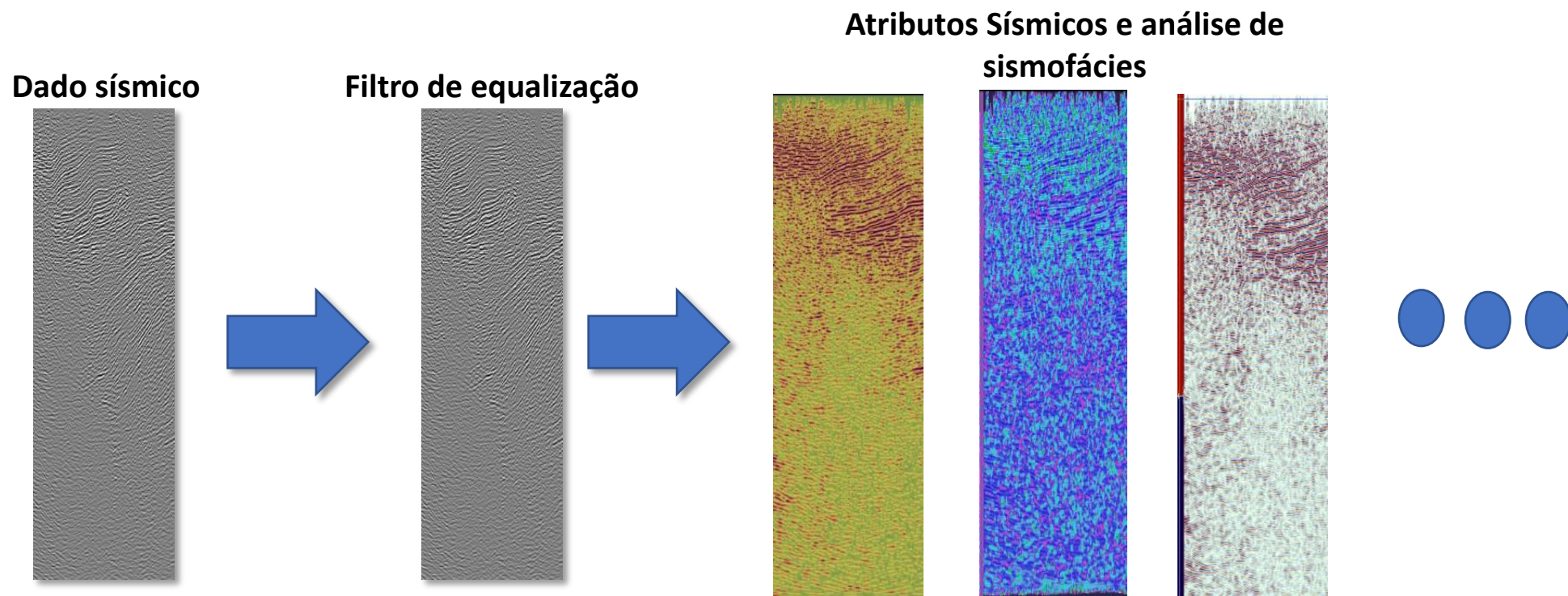
1.3 Atributos Sísmicos e Sismofácies

1.3.1 Atributos Sísmicos e Sismofácies - Objetivos

- Apresentar a metodologia empregada para realçar os eventos dos evaporitos na bacia Sergipe Alagoas;
- Definir os principais atributos sísmicos utilizados para a delimitação dos corpos de sal.

1.3 Atributos Sísmicos e Sismofácies - Metodologia

- Para a análise de atributos, inicialmente foi passado um filtro de equalização em todos os volume sísmicos para posterior geração dos atributos sísmicos.

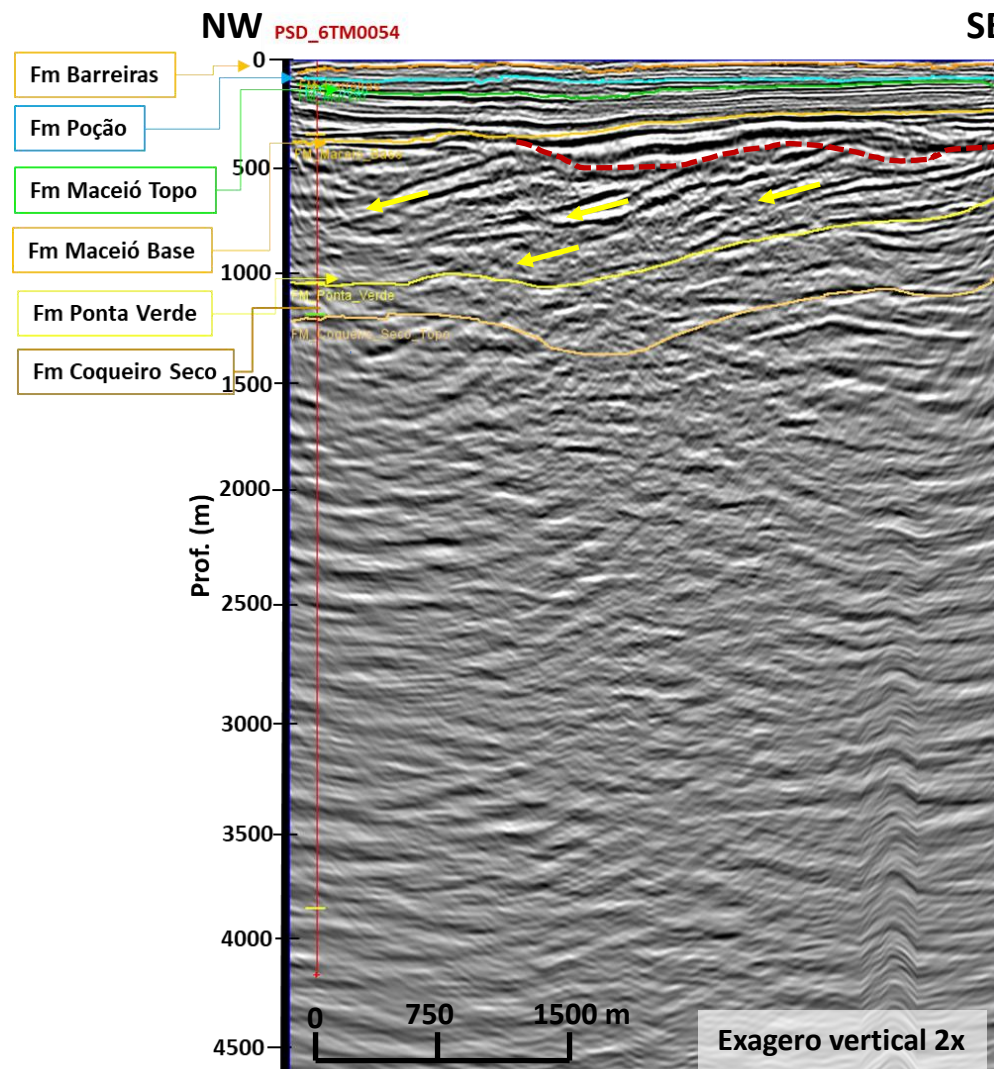
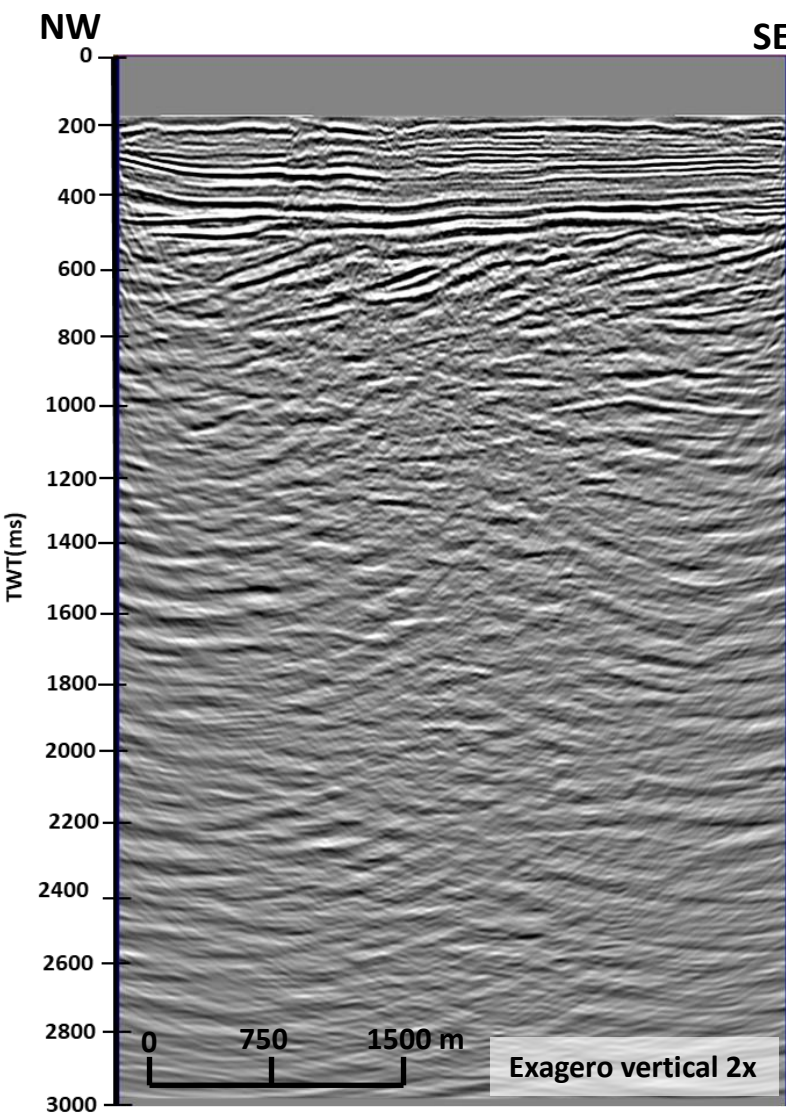


1.3 Atributos Sísmicos e Sismofácies - Metodologia

- Foram mapeados os principais refletores sísmicos a partir do andar Coruripe (Eocretáceo) baseado no trabalho de Martins (2016);
- Foram gerados atributos de equalização, amplitude e frequência para verificar a existência de contrastes de energia do sinal entre sequências de evaporitos e de sequências siliciclásticas;
- A partir da delimitação dos refletores foi realizada uma associação entre a assinatura sísmica dos refletores e a provável litologia.

1.3 Atributos Sísmicos e Sismofácies - Interpretação

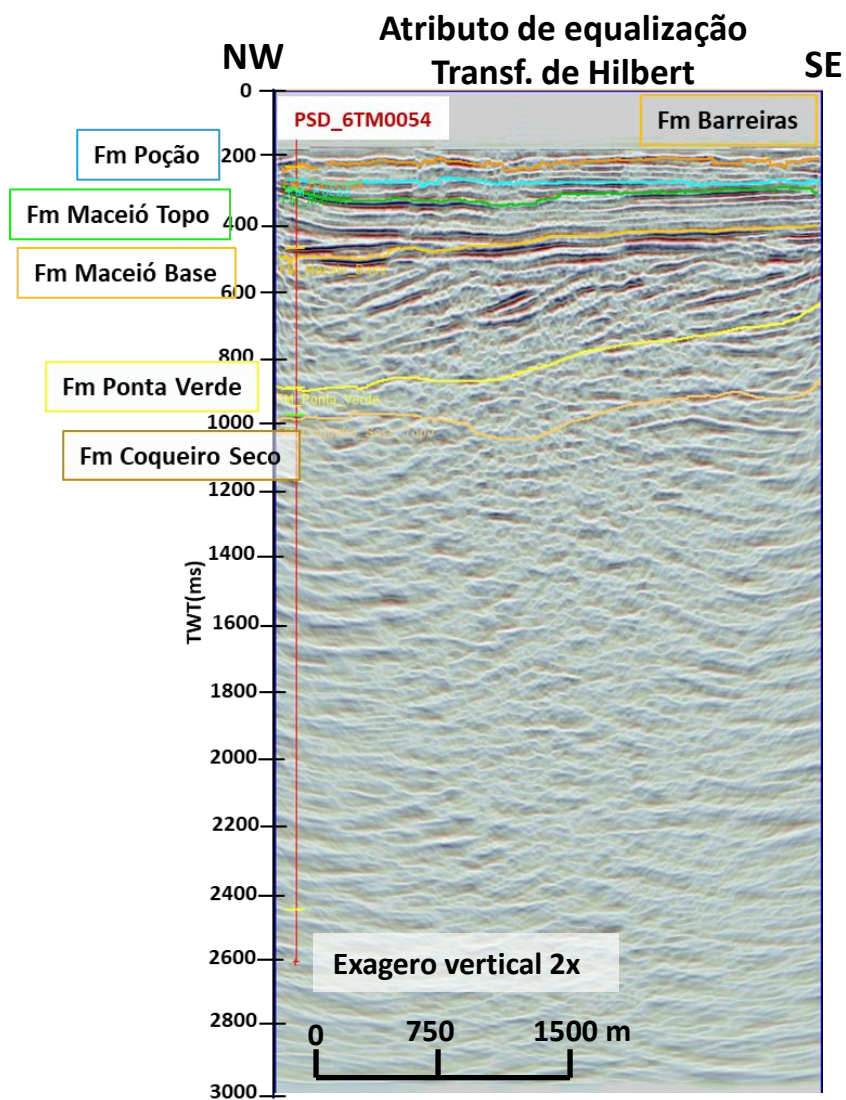
Linhas próximas à cidade de Maceió 0384 Linha 0117



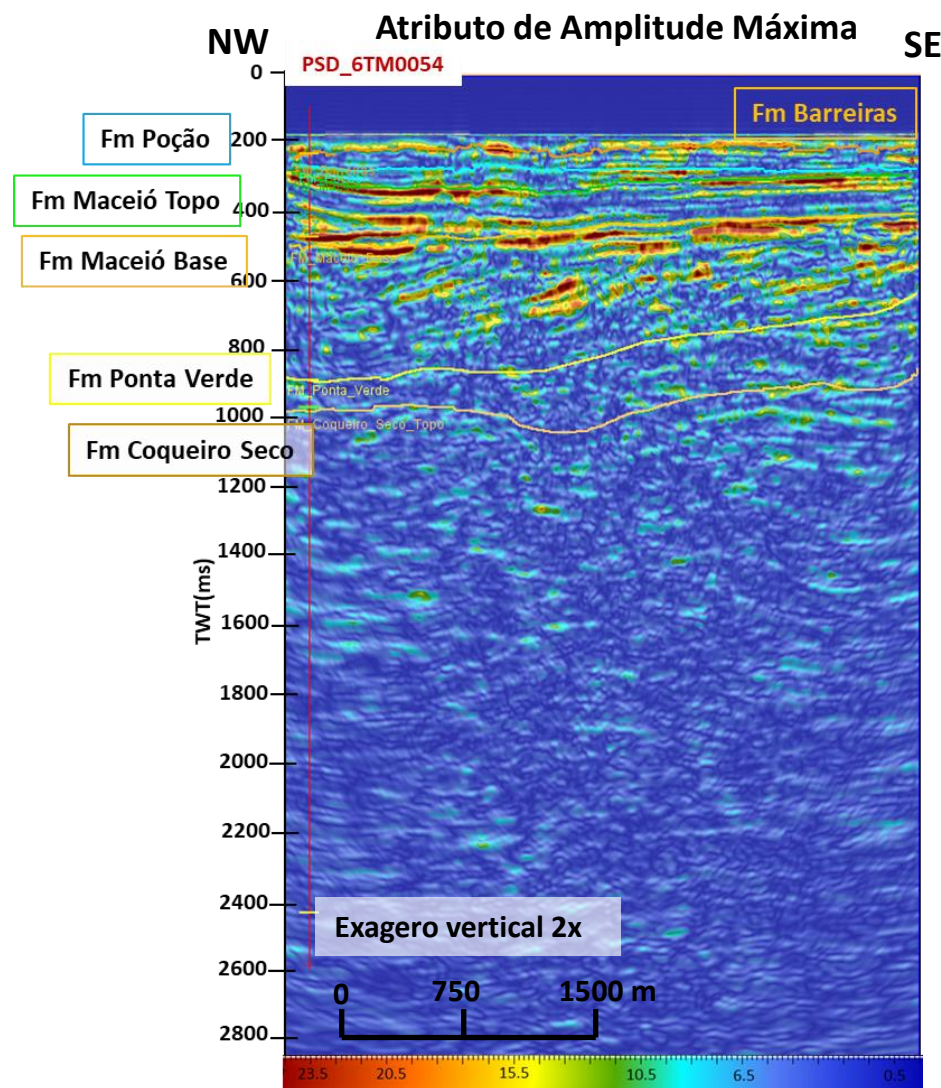
- Ruído de migração (sorrisos), geram incertezas no mapeamento refletores e estruturas mais profundas, neste caso, em estruturas abaixo de 1500 m;



Linhas próximas à cidade de Maceió 0384 Linha 0117



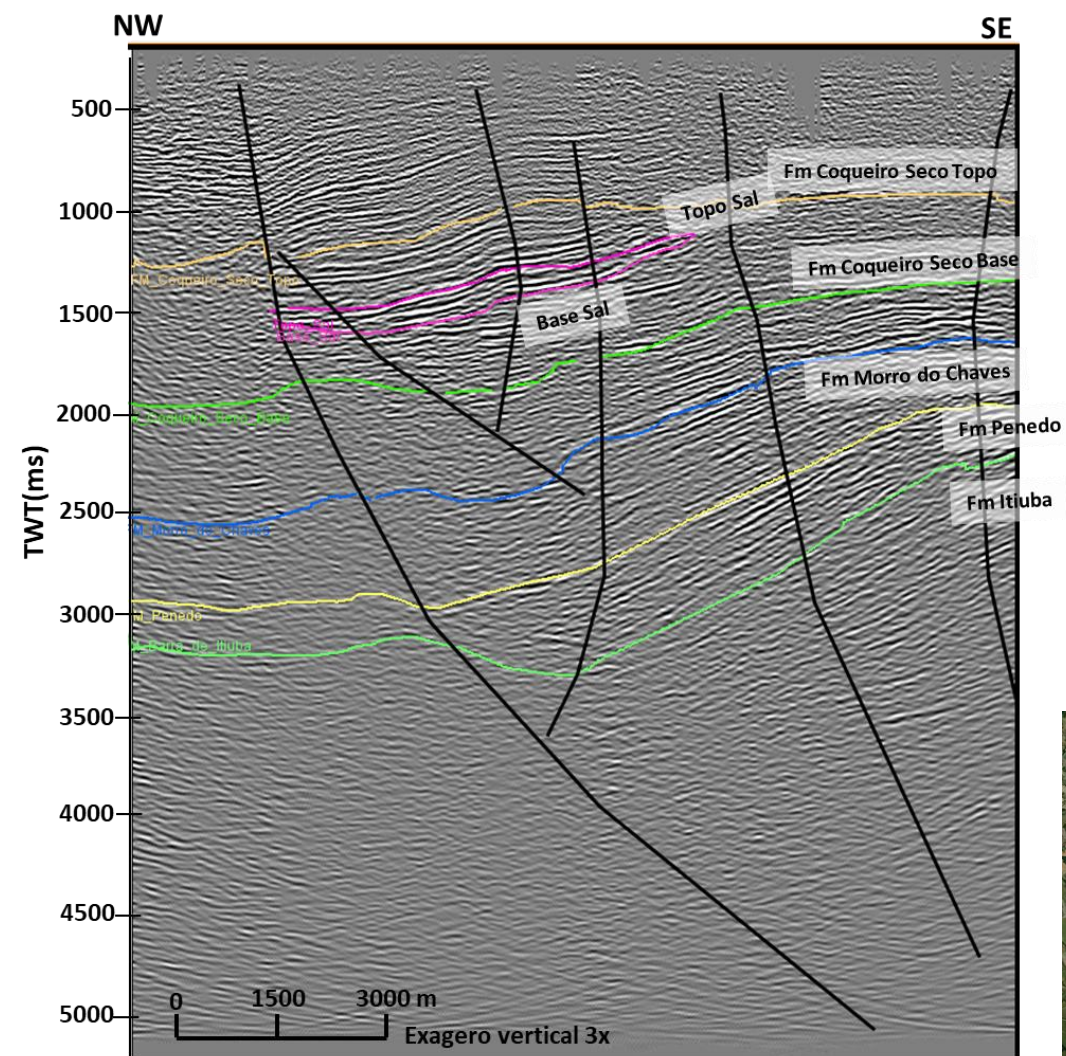
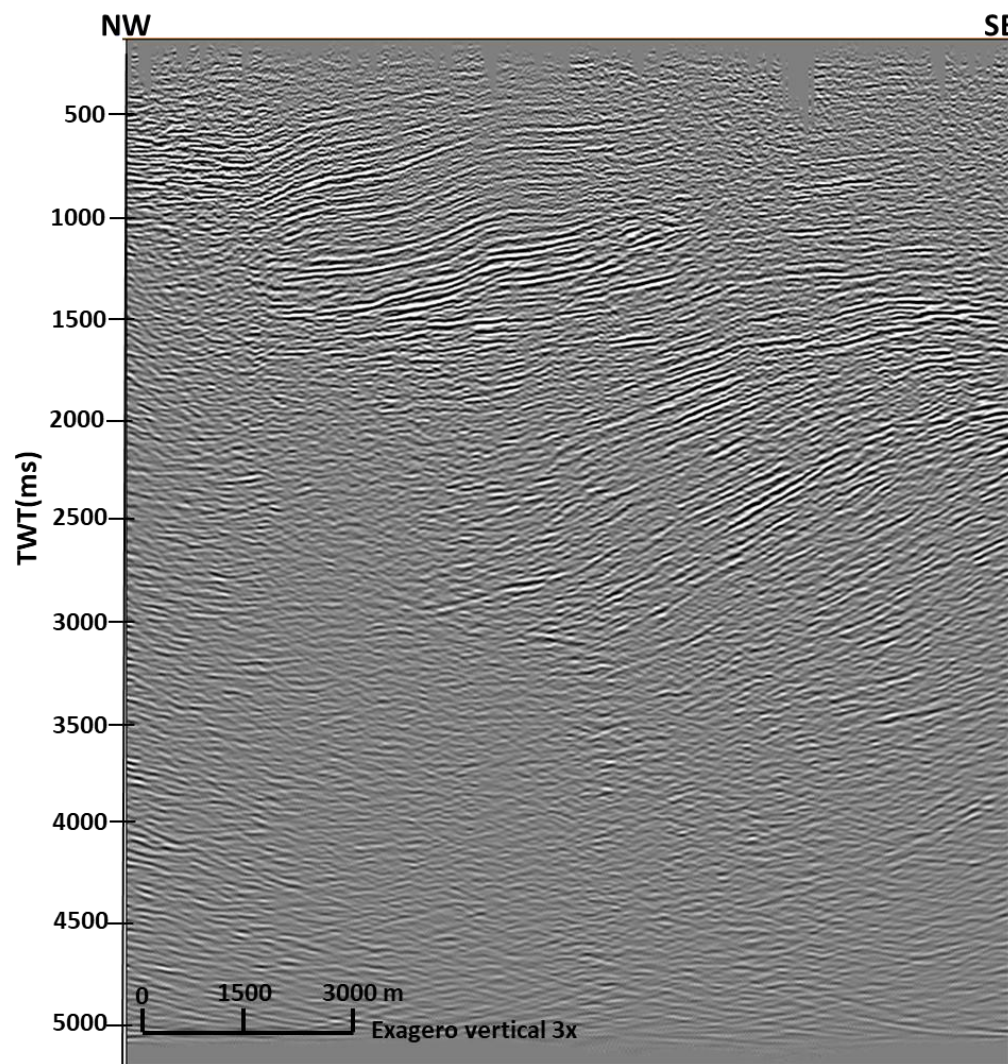
Linhas próximas à cidade de Maceió 0384 Linha 0117



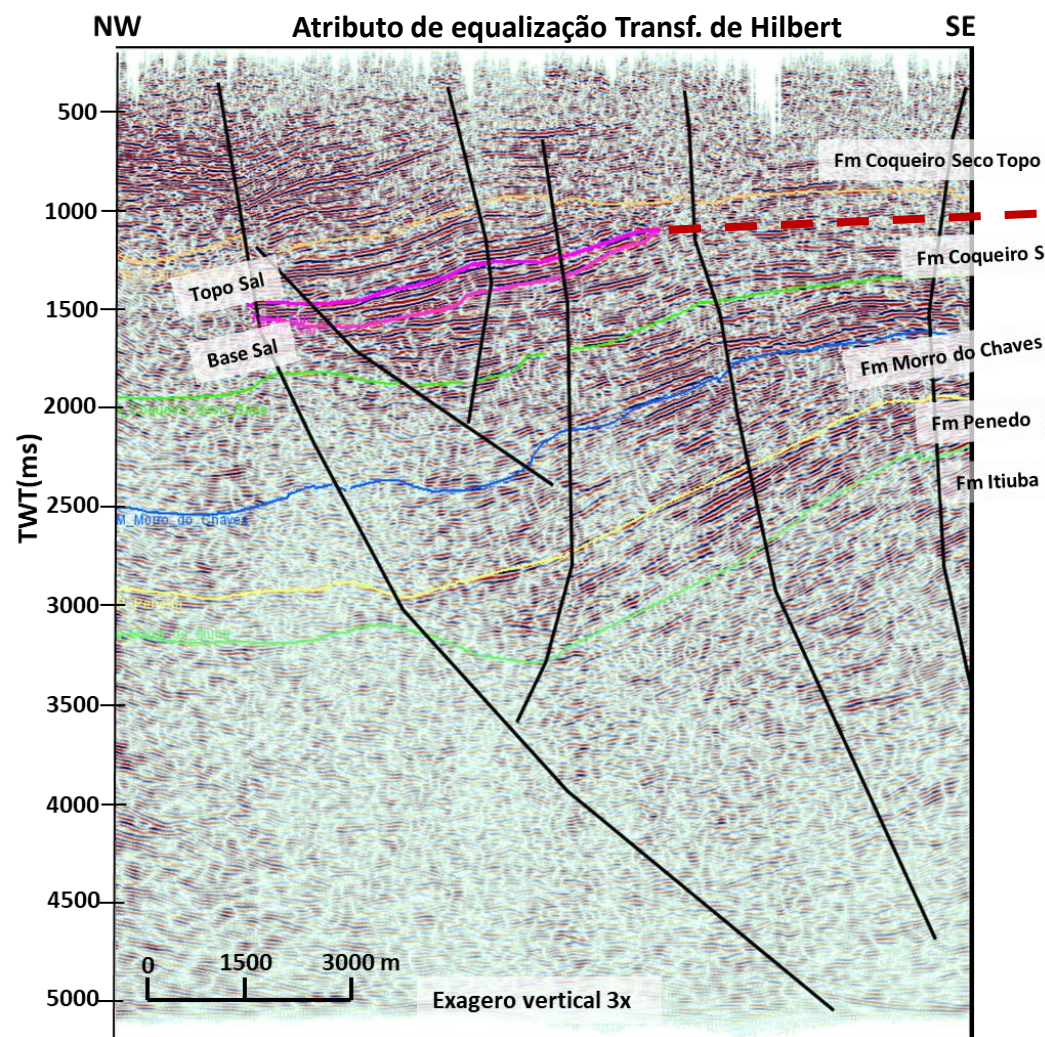
- Anomalias positivas de amplitude realçam o refletor sísmico mapeado como Fm Barreiras;
- O topo da Fm Maceió também apresentou uma anomalia positiva;
- Anomalias positivas de amplitude também realçaram a superfície erosiva da base da Fm Maceió;



Linha 0027-0384 – Interpretação Regional



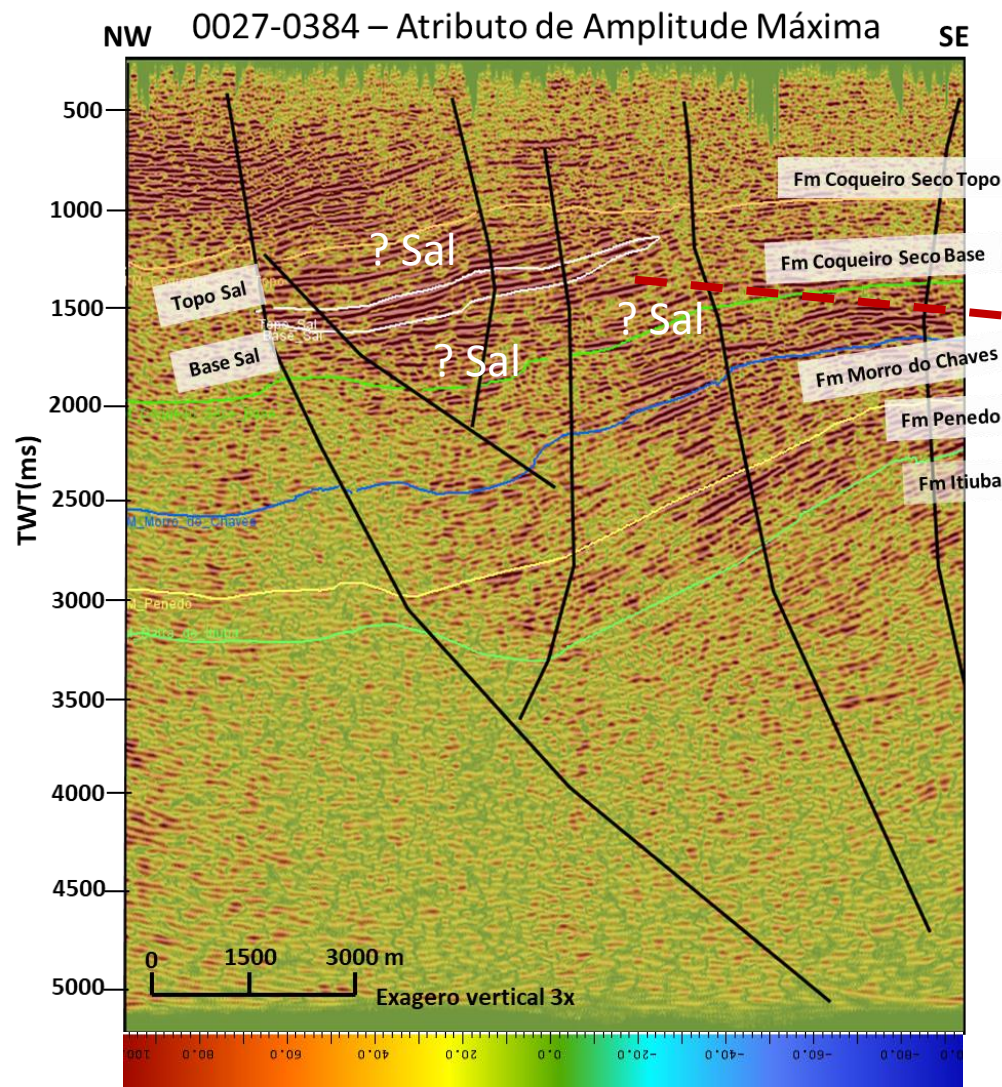
Linha 0027 – 0384 – Interpretação Regional



- Atributo de equalização resalta os refletores sísmicos a partir da aplicação da transformada de Hilbert.



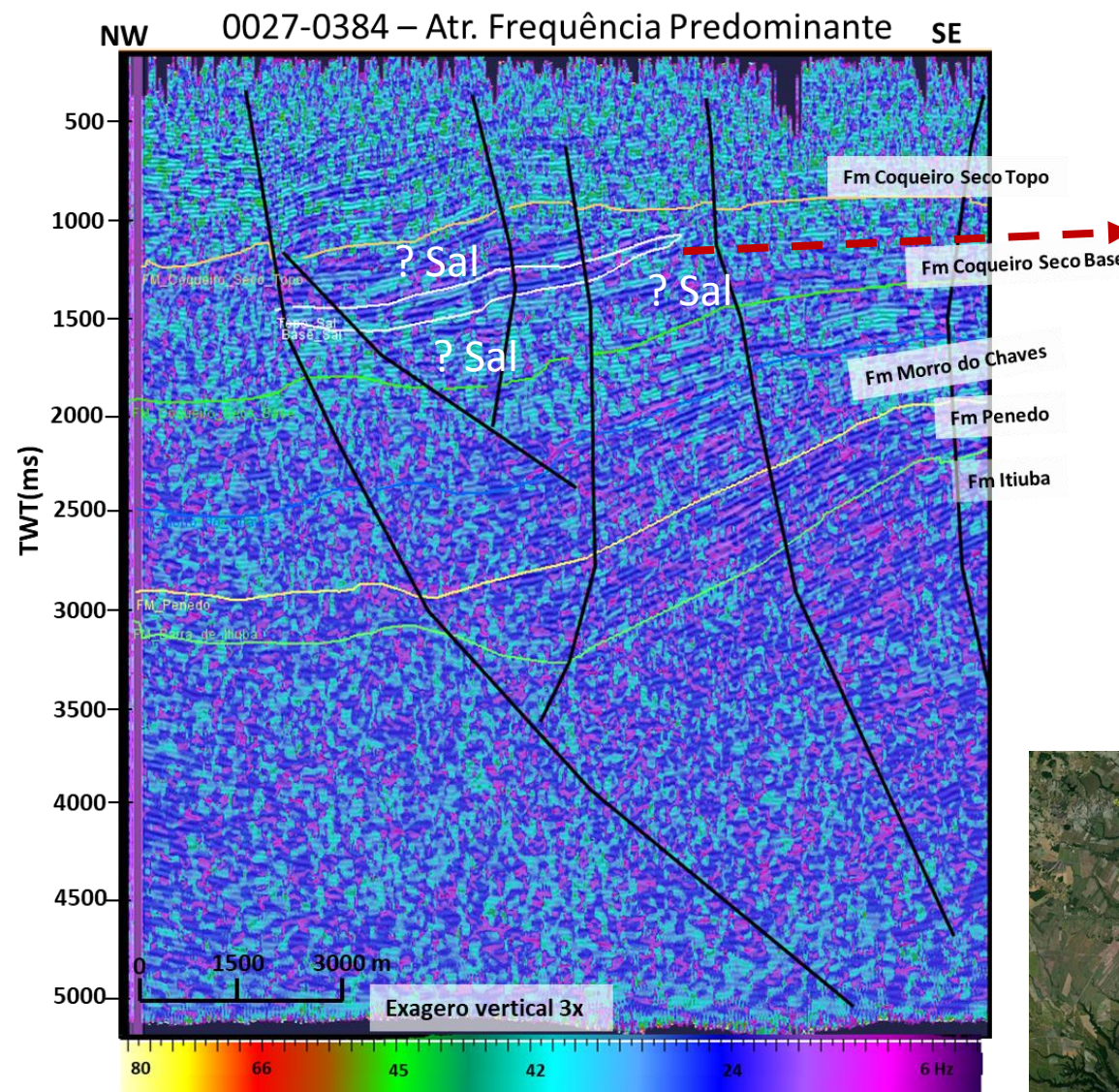
Linha 0027 – 0384 – Interpretação Regional



- Delimitação do corpo de Sal baseado em Martins (2016) apresenta ocorrência de amplitudes positivas;
- Altos contrastes de impedância estão associados a amplitudes positivas que, por sua vez, são indicativos de corpos de sal;
- As intercalações das anomalias dos refletores do topo e da base do sal comparado com as anomalias de amplitudes, não apresentaram evidências conclusivas, merecendo uma maior investigação, principalmente em áreas que seja possível fazer correlações entre poço e sísmica.



Linha 0027 – 0384 – Interpretação Regional



- Atenuação do conteúdo de frequências (10 – 28Hz) observado no corpo de sal mapeado, também pode ser interpretado como sendo um indicativo da ocorrência de sequências de evaporitos na formação Coqueiro Seco;



1.4 Atributos Sísmicos e Sismofácies - Considerações

- As anomalias de amplitude e frequência observados nos atributos sísmicos, ainda não são conclusivos para a delimitação dos corpos de sal. Neste sentido a ambiguidade observada, carece da validação dos dados de poços, bem como, do aprofundamento da análise dos atributos sísmicos;
- Com a finalização do processo de digitalização dos logs, será iniciada a fase de correlação e associação das informações de litologia e de petrofísica. Nesta o objetivo será de encontrar relações entre as propriedades petrofísicas da litologia com os diferentes atributos sísmicos, principalmente os de amplitude e frequência.

Foram geradas linhas sísmicas com o atributo **TecVA**.

TecVA – *Technical Volume Amplitudes* é um atributo sísmico gerado através de um fluxo de Processamento com objetivo de destacar os aspectos estruturais das áreas estudadas.

A menor espessura da camada de rocha é aqui definida como um elemento chave para cálculo da ponderação e obtenção do volume de dados sísmicos usando as amplitudes da técnica TecVA com processamento sísmico após empilhamento, com e sem rotação de fases.

Assim intensifica a estrutura geológica e litológica,
originários dos dados sísmicos processados.

Esse tipo de processamento tem a vantagem de tornar a seção sísmica semelhante a um afloramento plano, realçando as litologias mais duras (por exemplo, arenitos, rochas vulcânicas) em relação aos os mais suaves (por exemplo, folhelhos)

Geração de TecVA

Exemplo de Linha Sísmica 2-D TecVA:

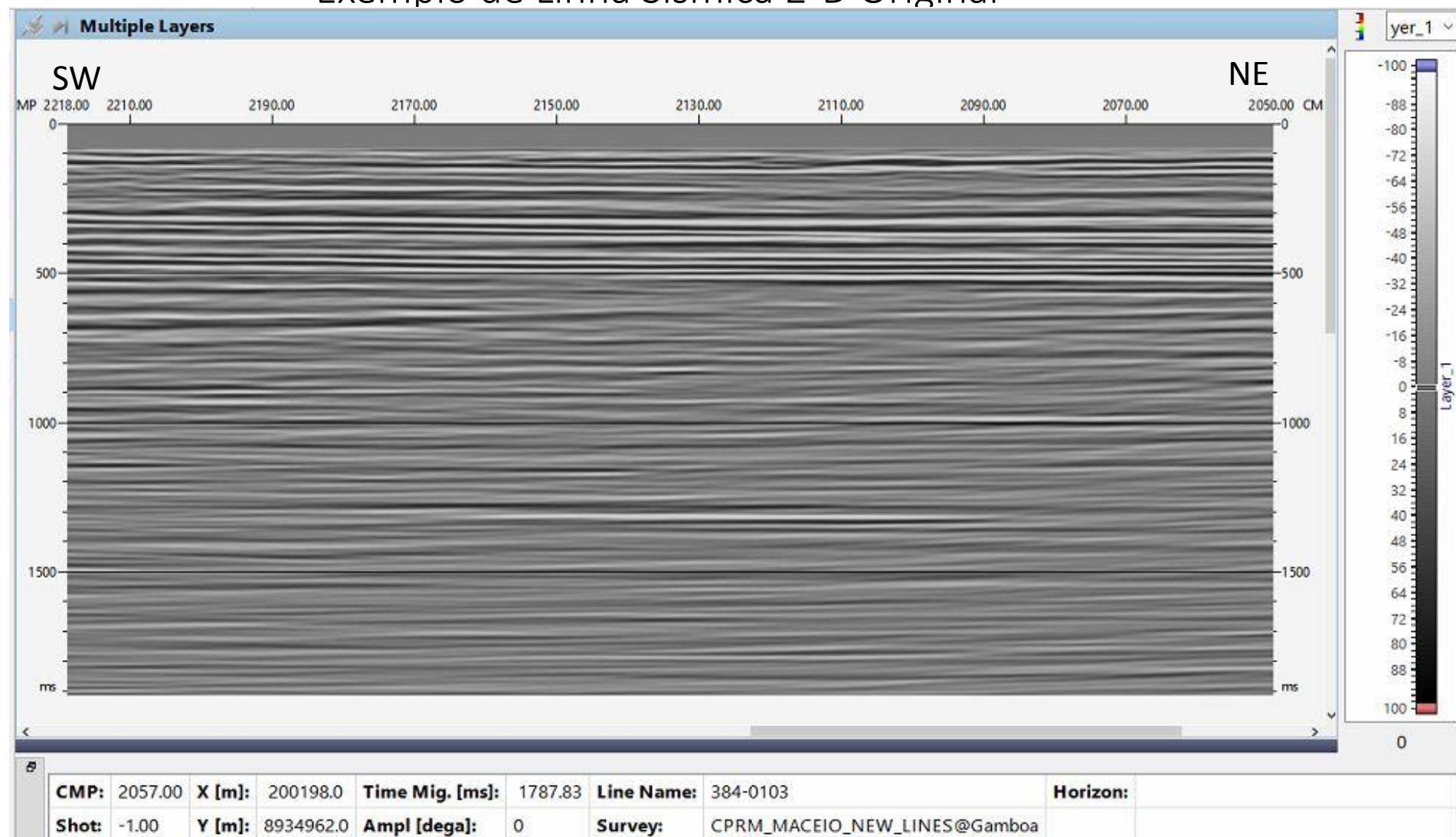
Colocar orientação da linha e a linha Original logo apos



Geração de TecVA

Exemplo de Linha Sísmica 2-D Original

Colocar orientação da linha e a linha Original logo apos

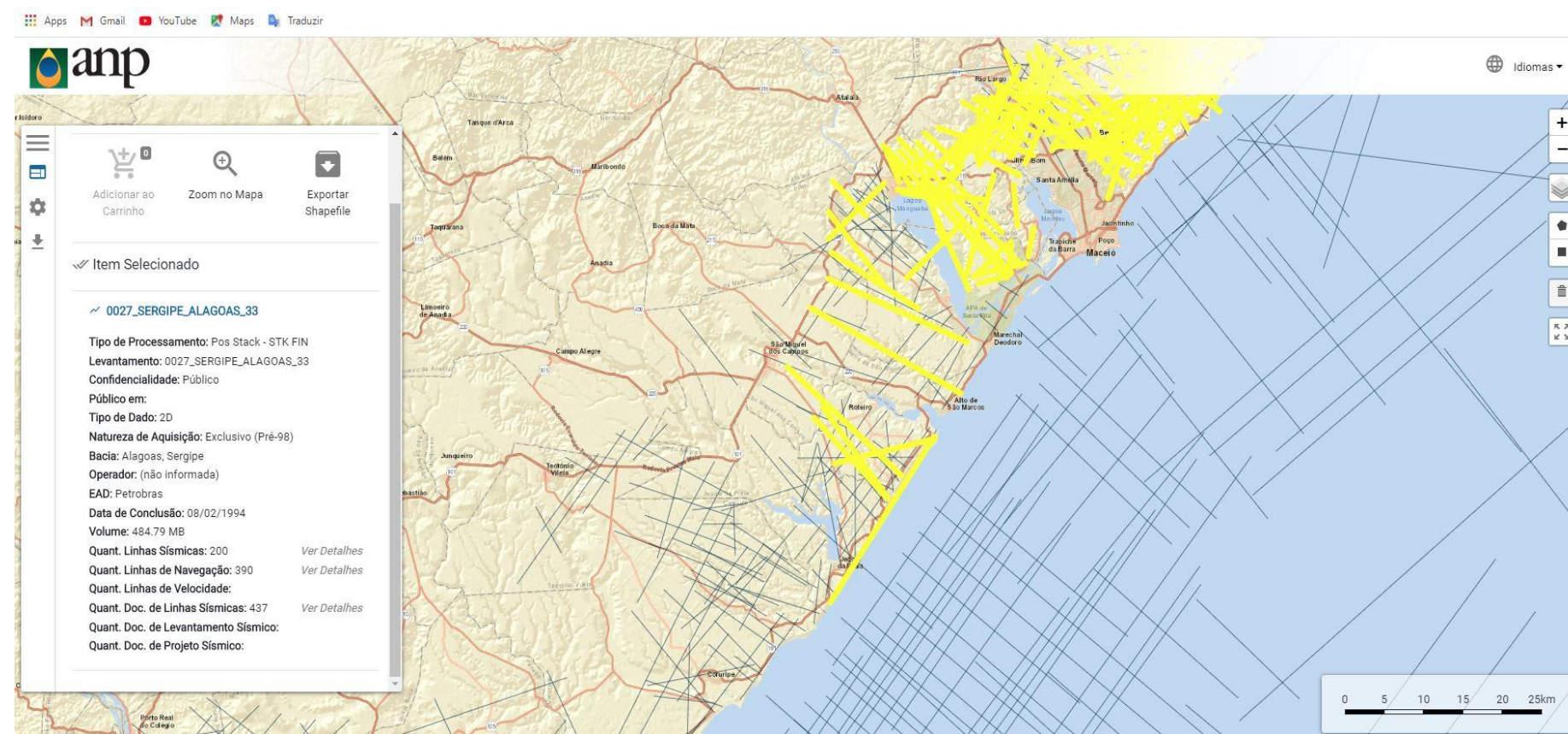


Pesquisa *site* ANP Linhas 2-D que podem enriquecer a Interpretação

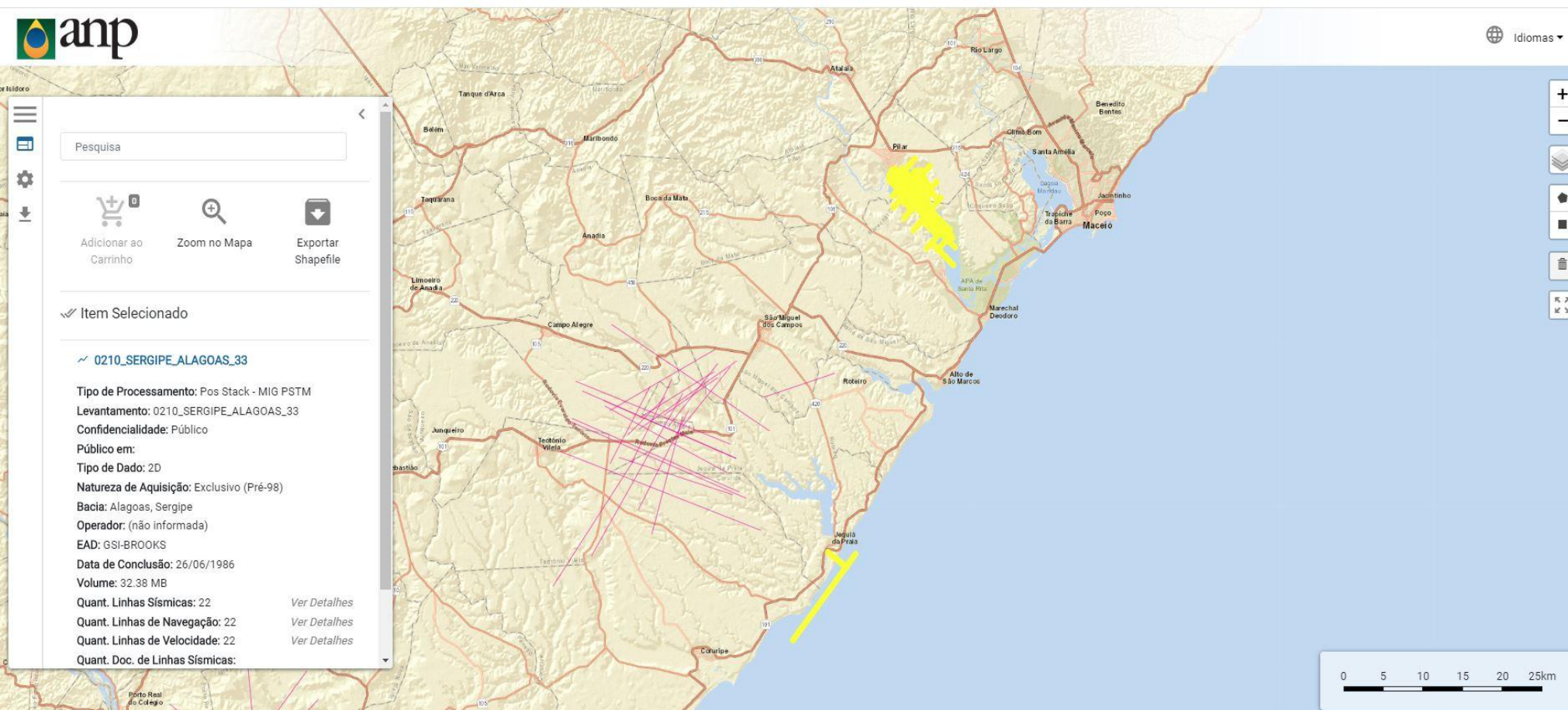
Após Pesquisa concluímos que 4 Levantamentos Sísmicos poderiam contribuir:

- Levantamento_0027_Sergipe_Alagoas_33;
- Levantamento_048_Sergipe_Alagoas_BA_Completo;
- Levantamento_0210_Sergipe_Alagoas_33;
- Levantamento_R0003_Bahia_Sul.

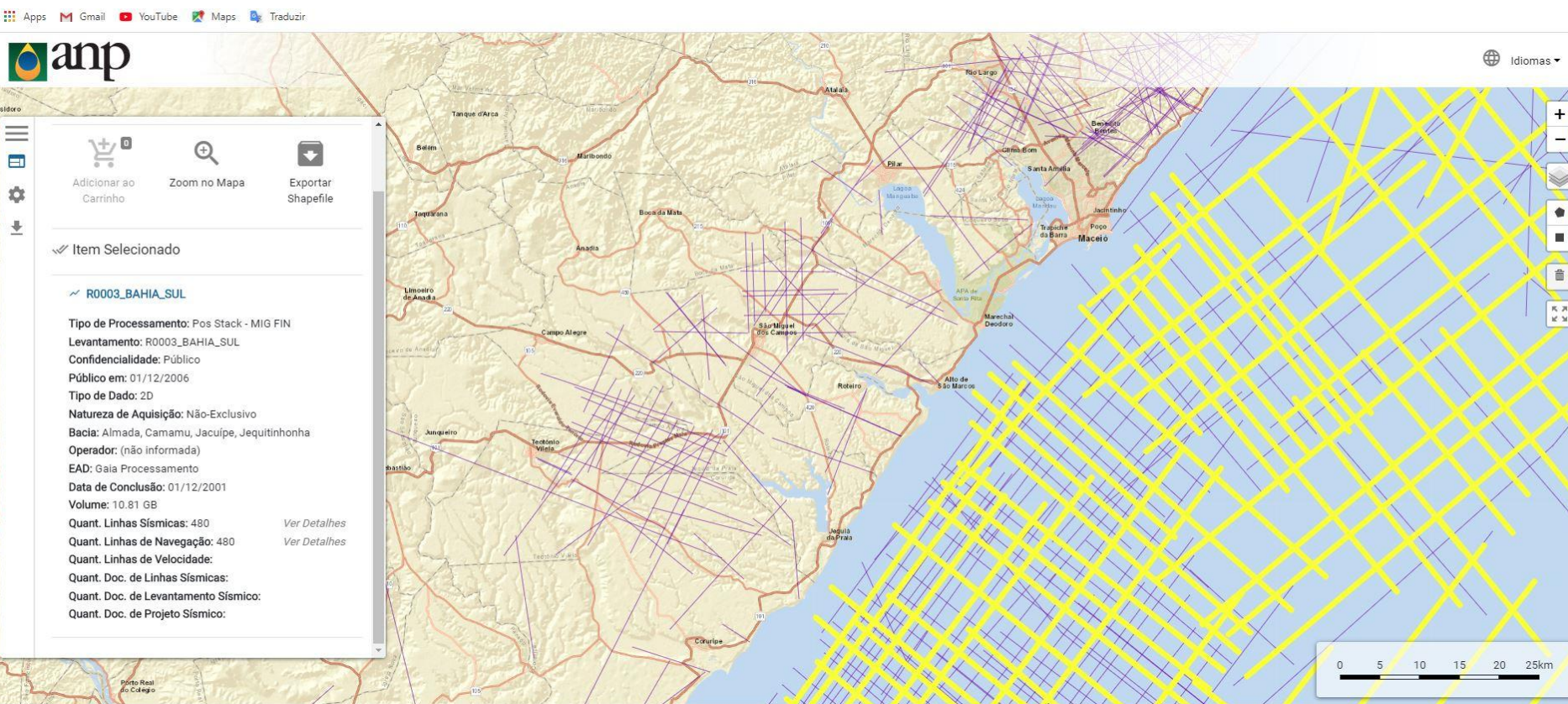
Levantamento_0027_Sergipe_Alagoas_33



Levantamento_0210_Sergipe_Alagoas_33

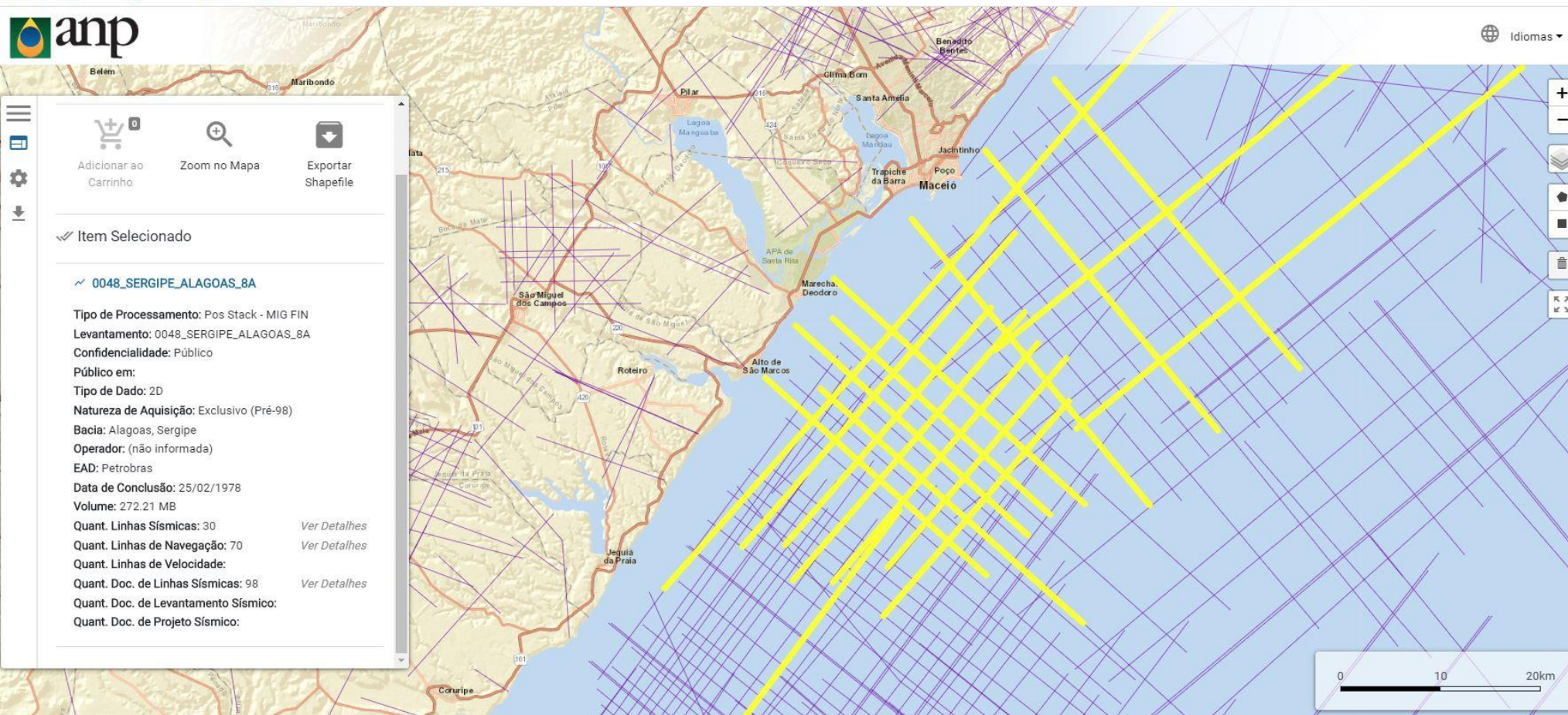


Levantamento_R0003_Bahia_Sul



Levantamento_0048_Sergipe_Alagoas_BA

Apps Gmail YouTube Maps Traduzir



Carregamento de Linhas 2-D processadas pela Empresa Invision

Foram disponibilizados 6 tipos de Dados Sísmicos processados pela Empresa Invision da Equipe 0384.

As sísmicas disponibilizadas são:

Em Tempo: Migrado; Impedância

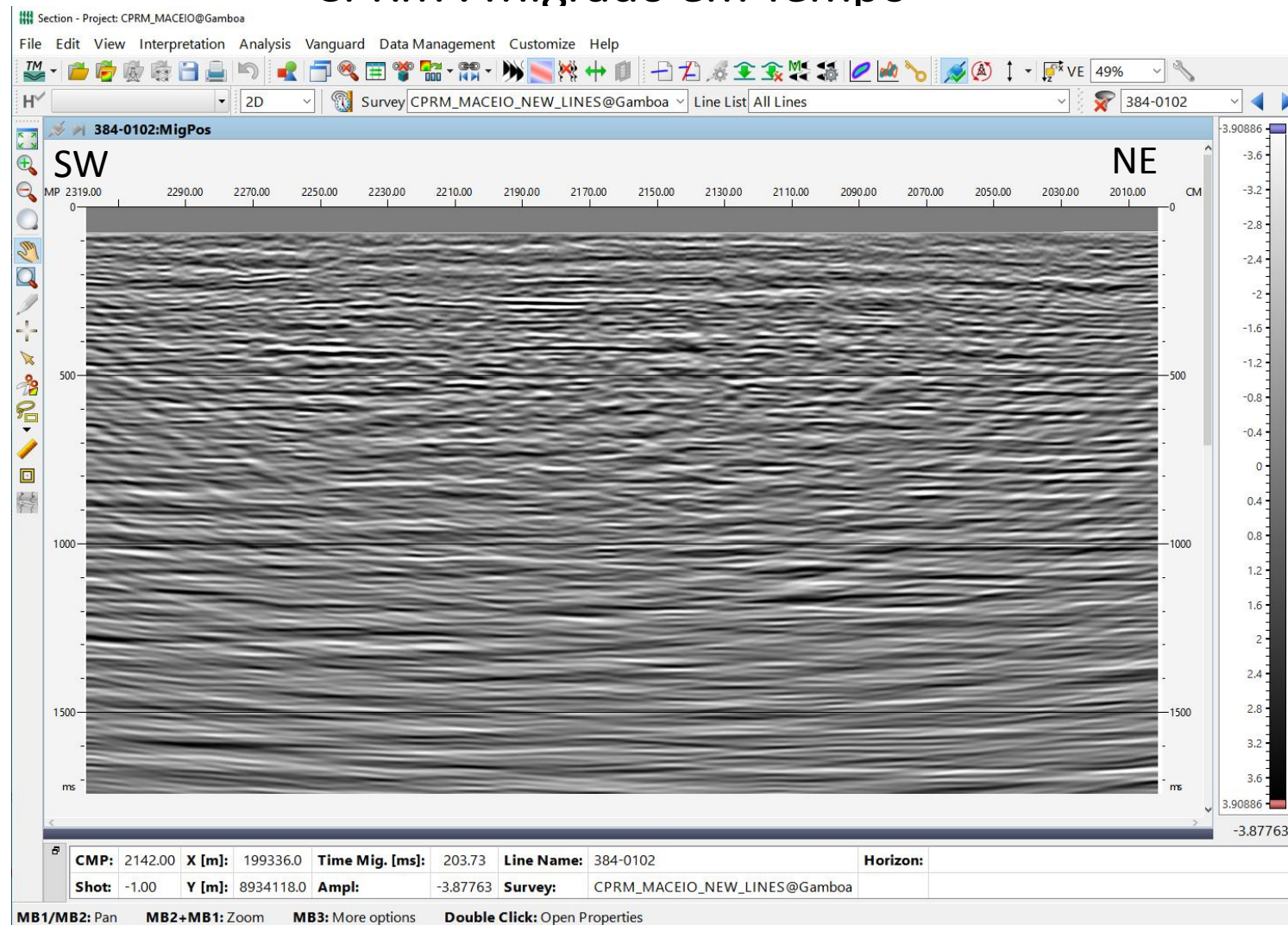
Em Profundidade: Migrado; TecVA; Impedância; Similaridade

Dificuldades Encontradas: Header EBCDIC vazio,
Sem informações do Sistema de Coordenadas,
Header do Traço apresentando informações diferentes
para a mesma Linha Sísmica 2-D.

Isto dificultou um pouco o carregamento destas linhas pois por algumas vezes o posicionamento geográfico não era o correto.

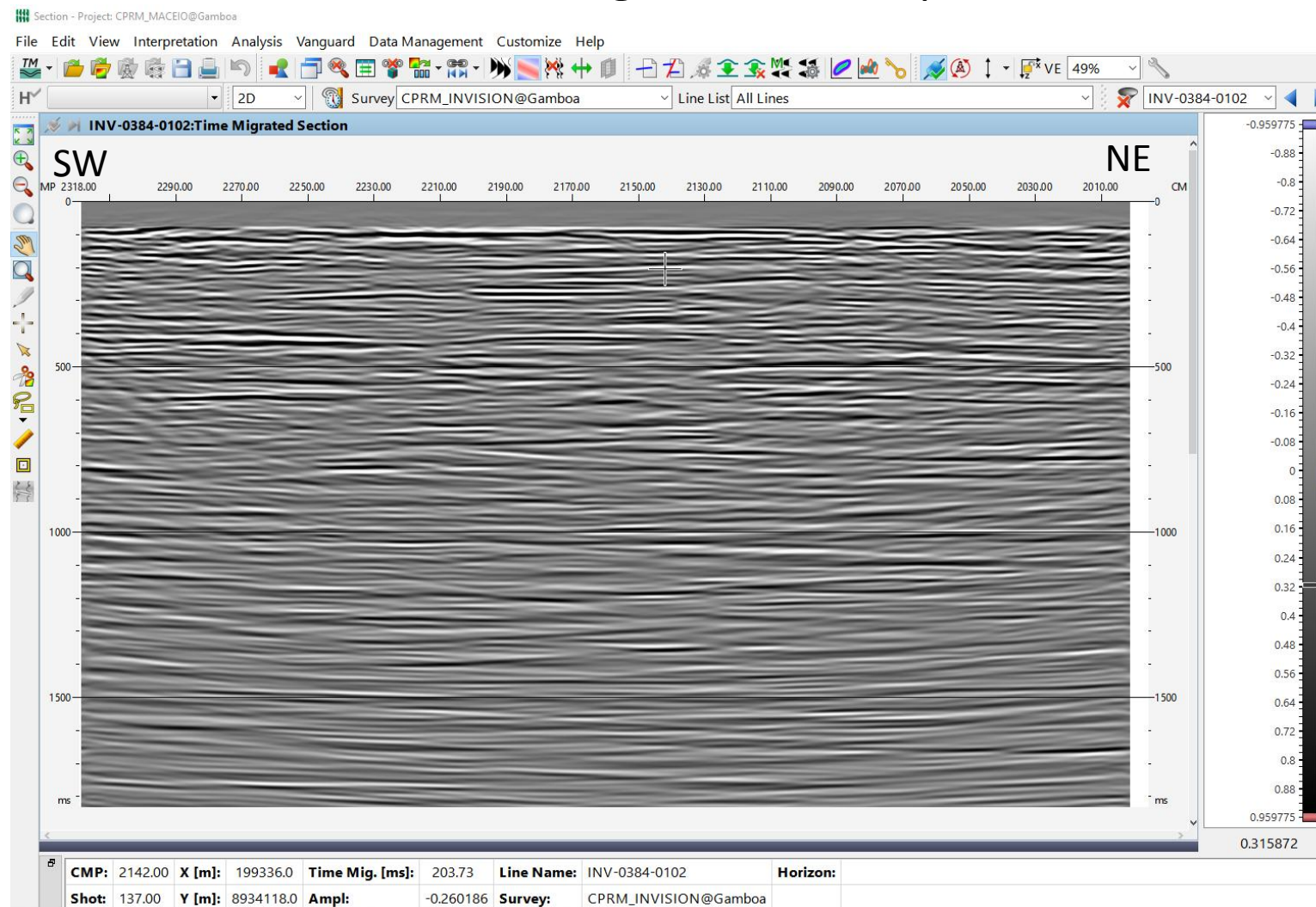
Display Comparativo Linha 2-D 384-0102

CPRM : Migrado em Tempo



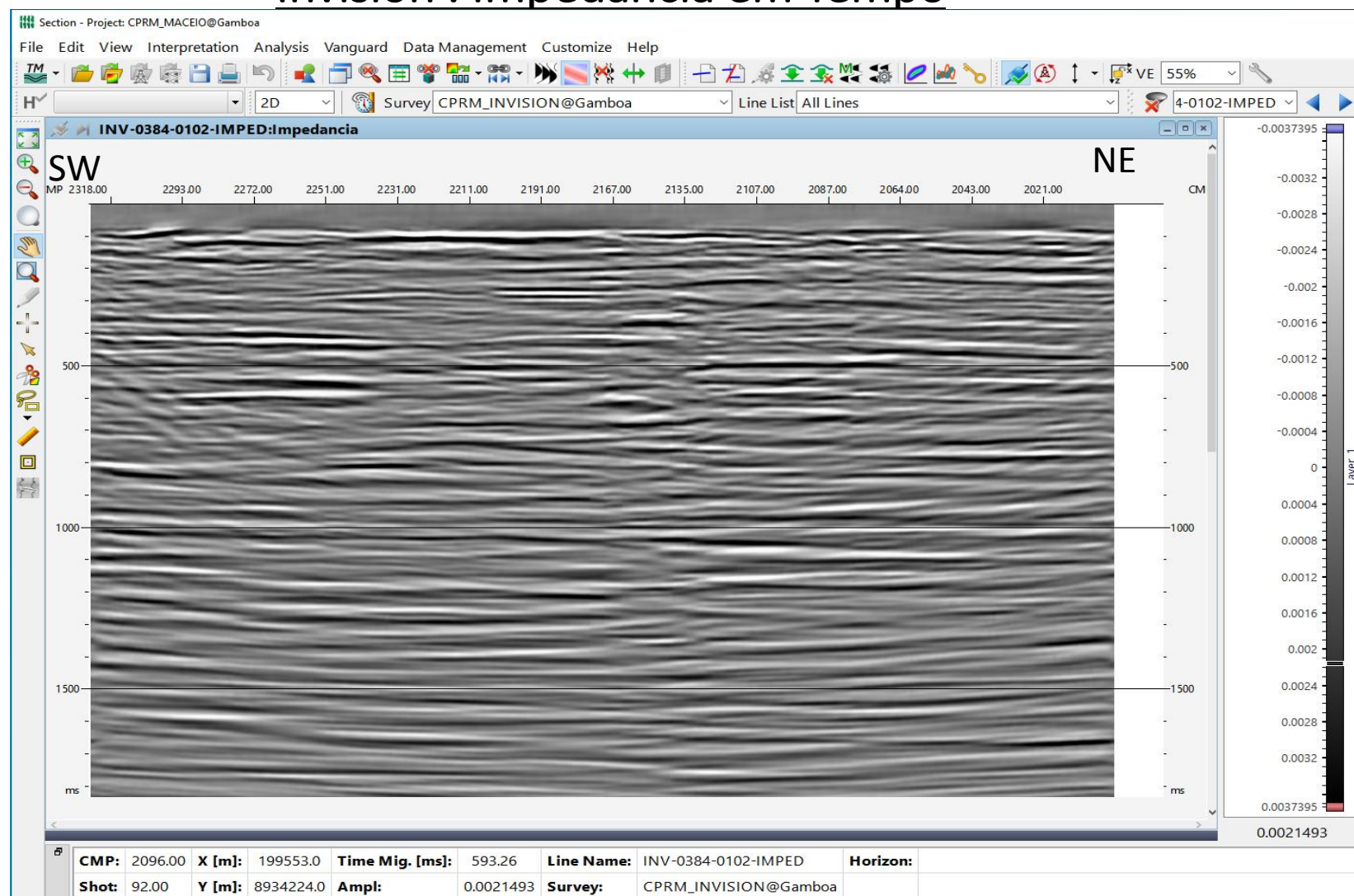
Display Comparativo Linha 2-D 384-0102

Invision : Migrado em Tempo



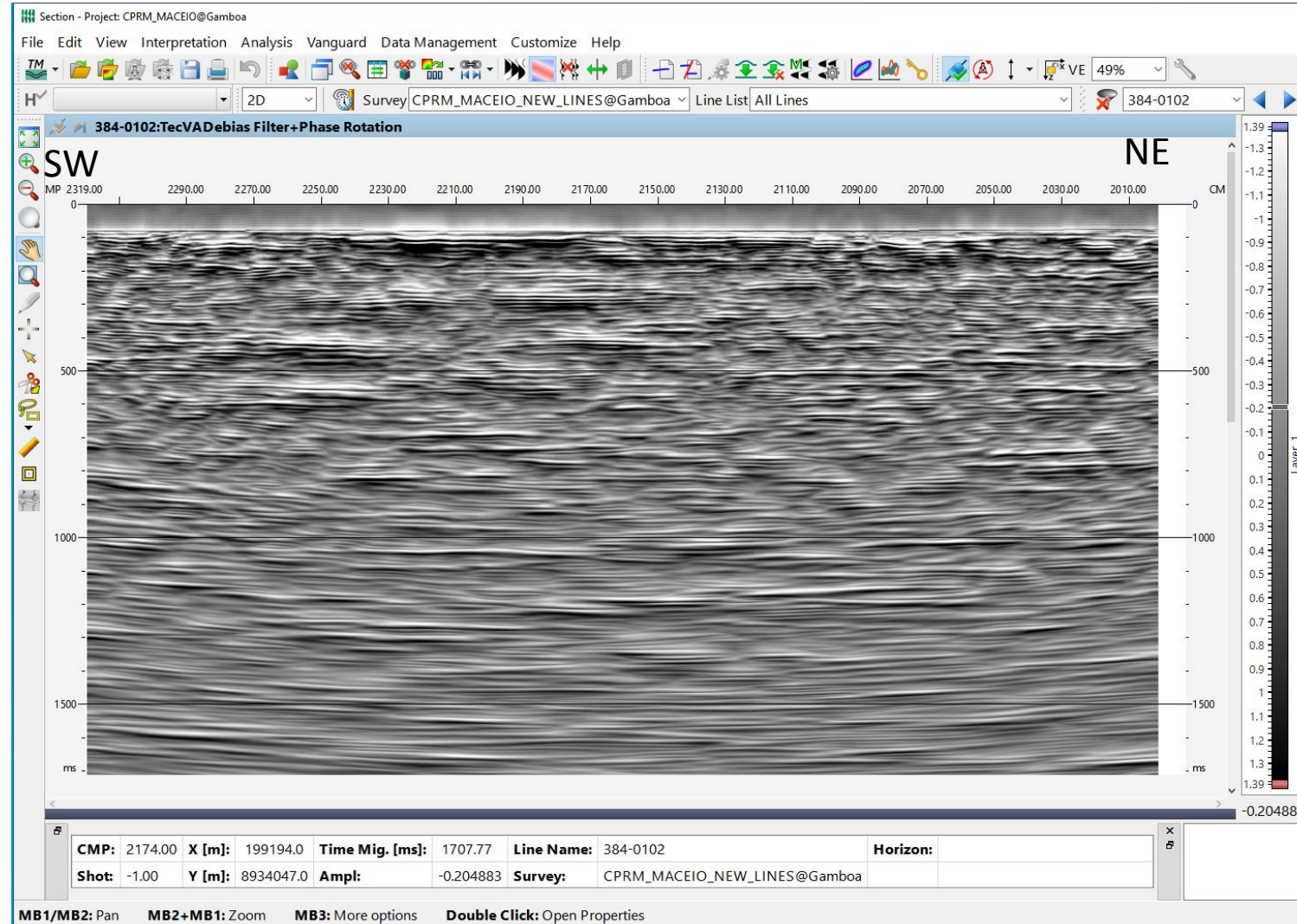
Display Comparativo Linha 2-D 384-0102

Invision : Impedância em Tempo



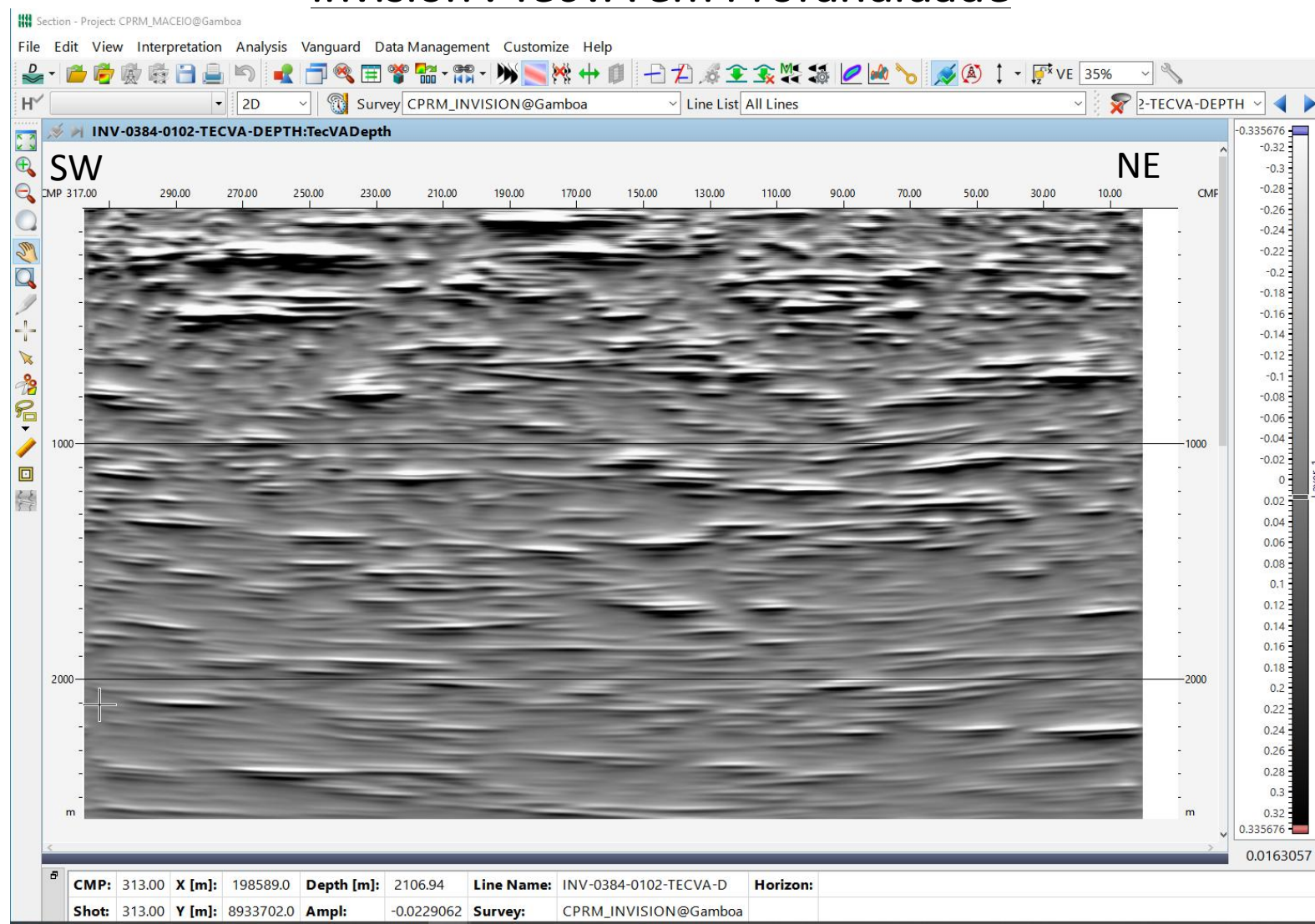
Display Comparativo Linha 2-D 384-0102

CPRM : TecVA em Tempo (Paradigma)



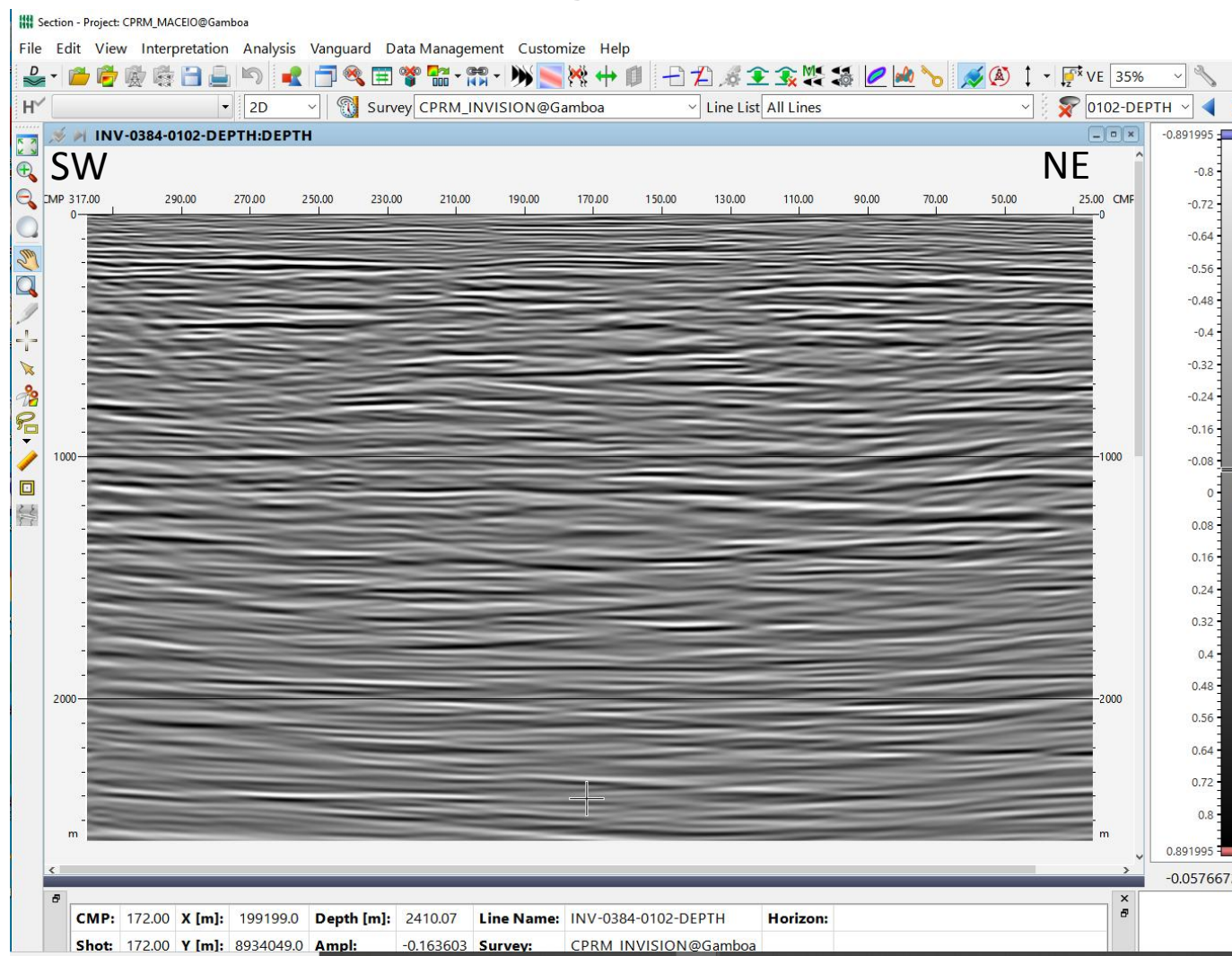
Display Comparativo Linha 2-D 384-0102

Invision : TecVA em Profundidade

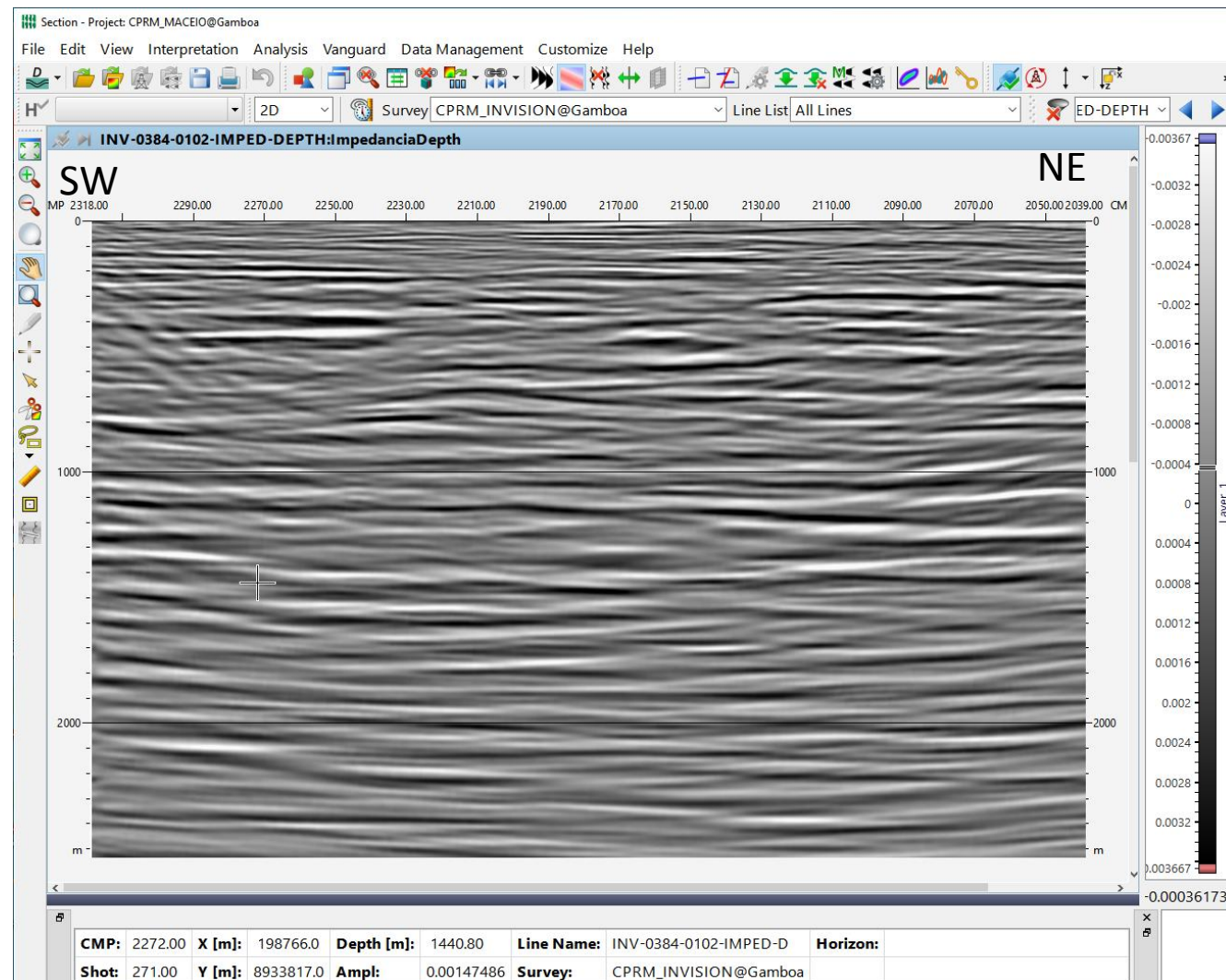


Display Comparativo Linha 2-D 384-0102

Invision : Migrado em Profundidade

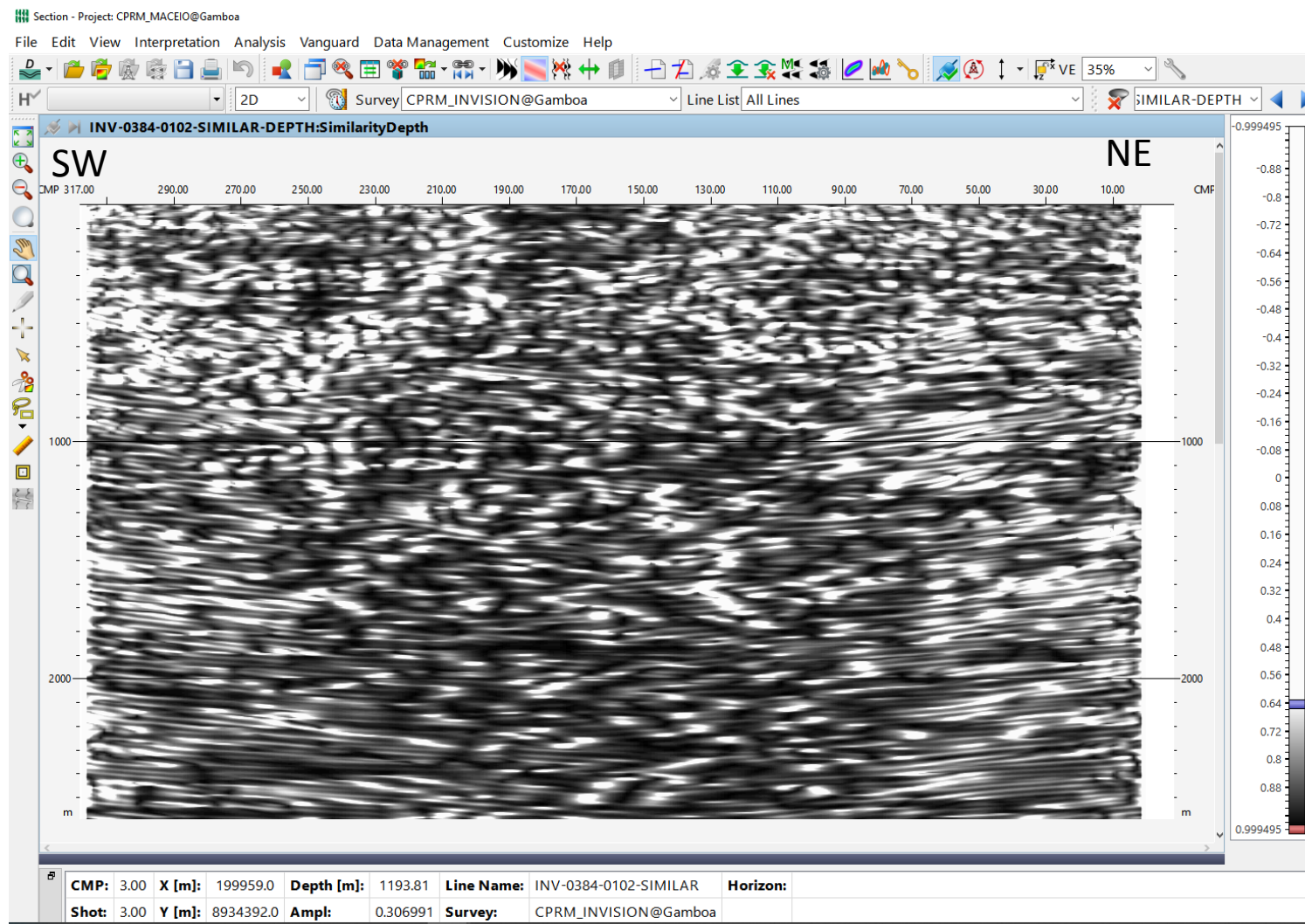


Display Comparativo Linha 2-D 384-0102 Invision : Impedância em Profundidade

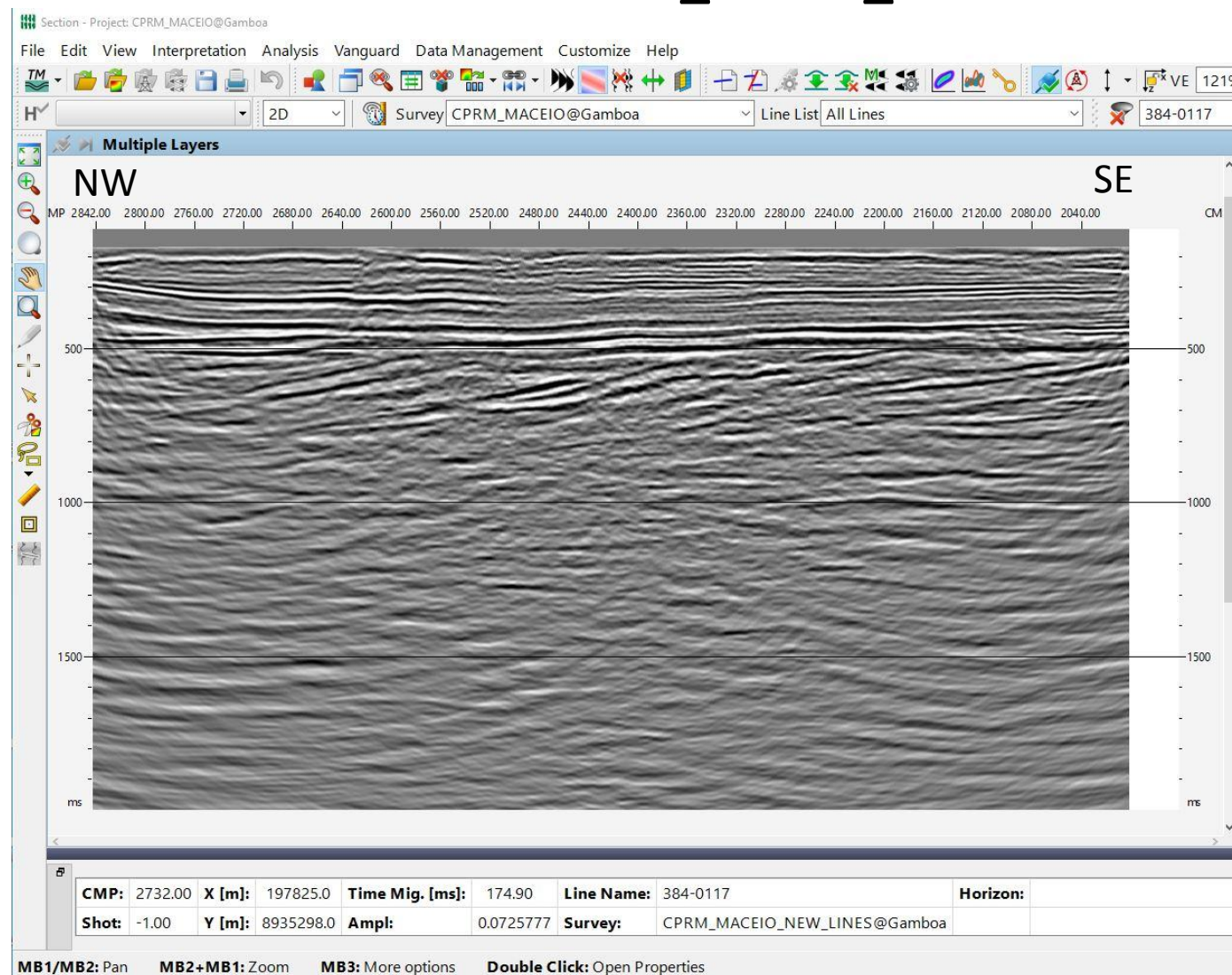


Display Comparativo Linha 2-D 384-0102

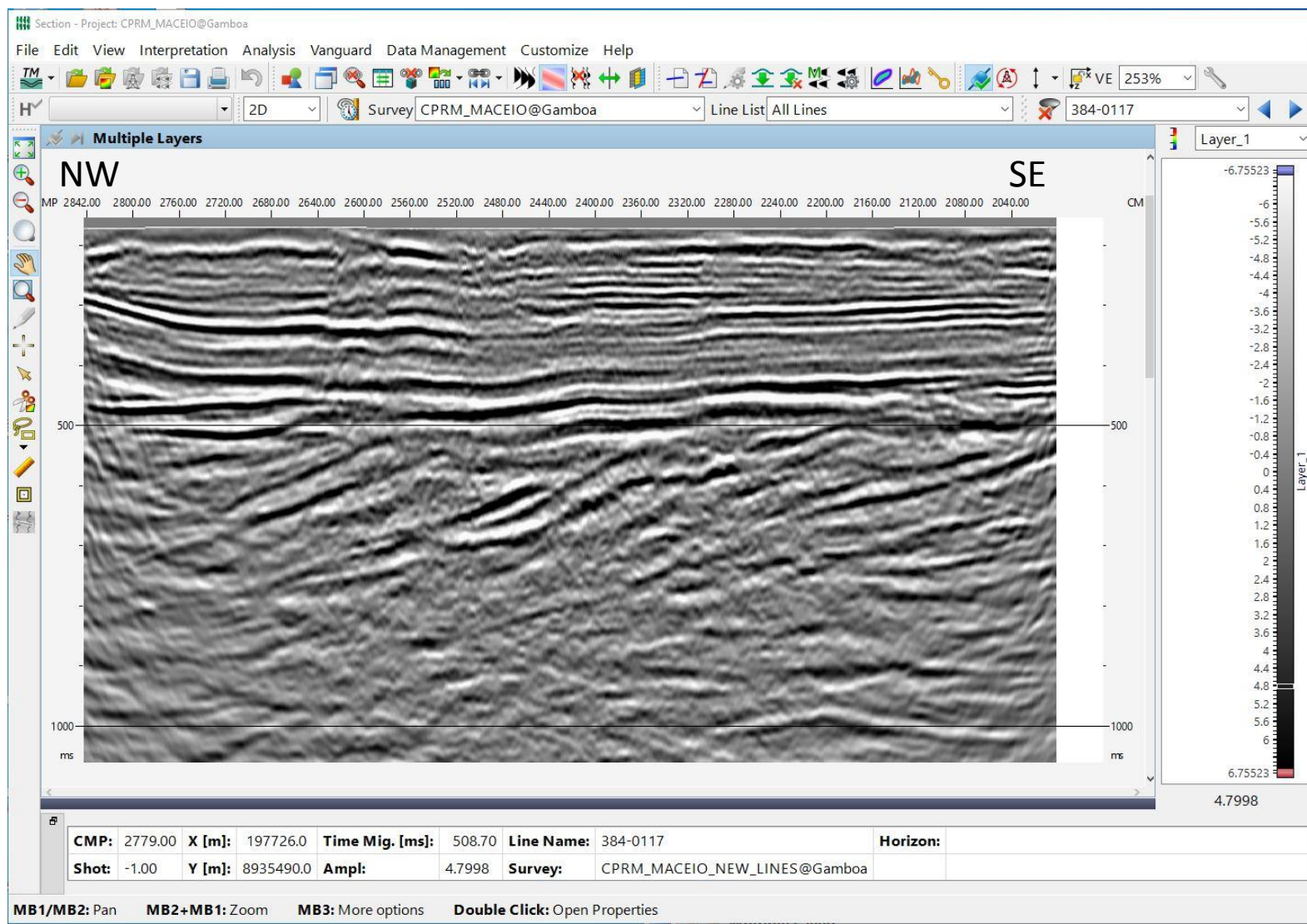
Invision : Similaridade em Profundidade



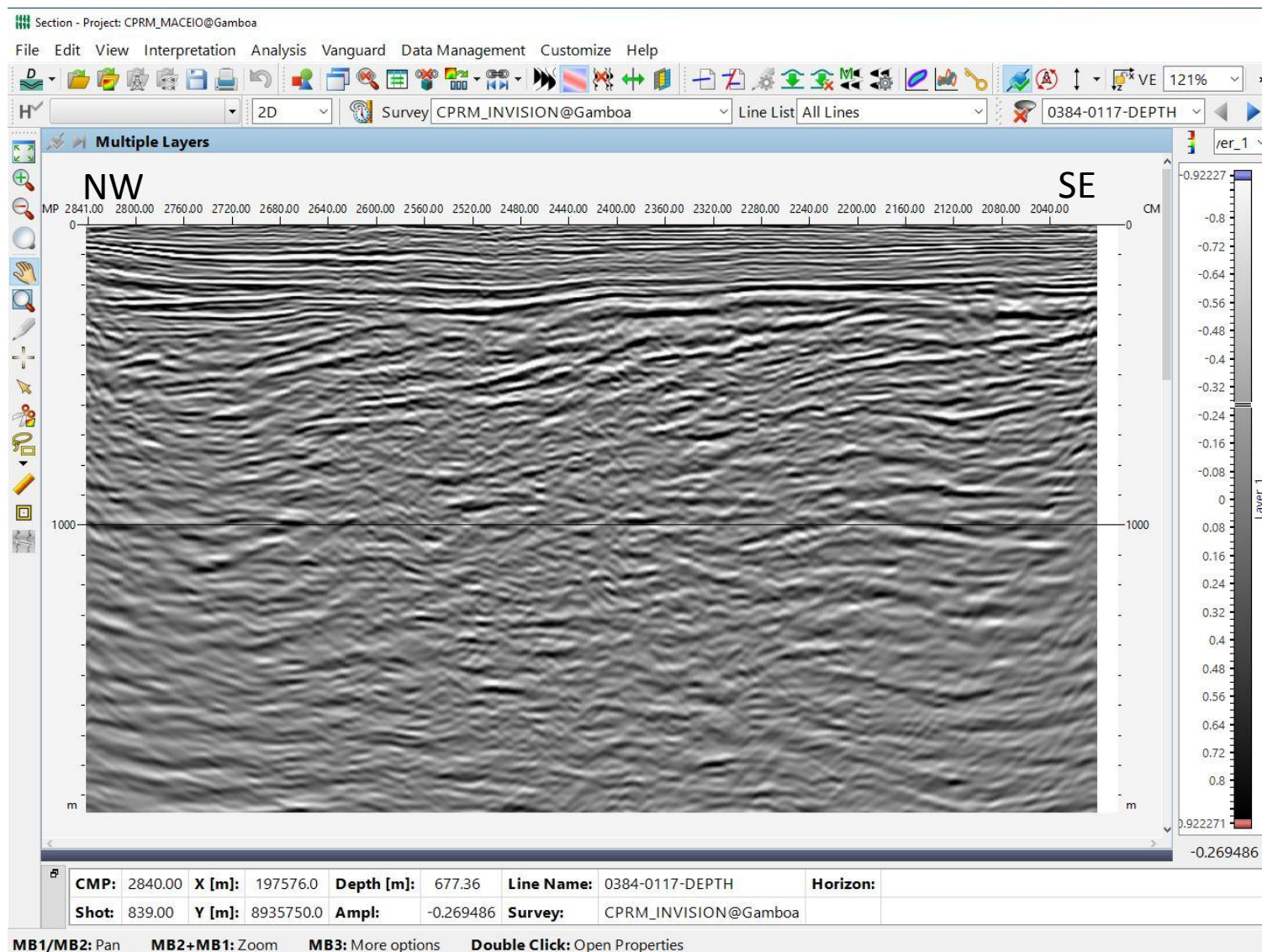
Linha 2-D 384-0117_CPGEO_Time



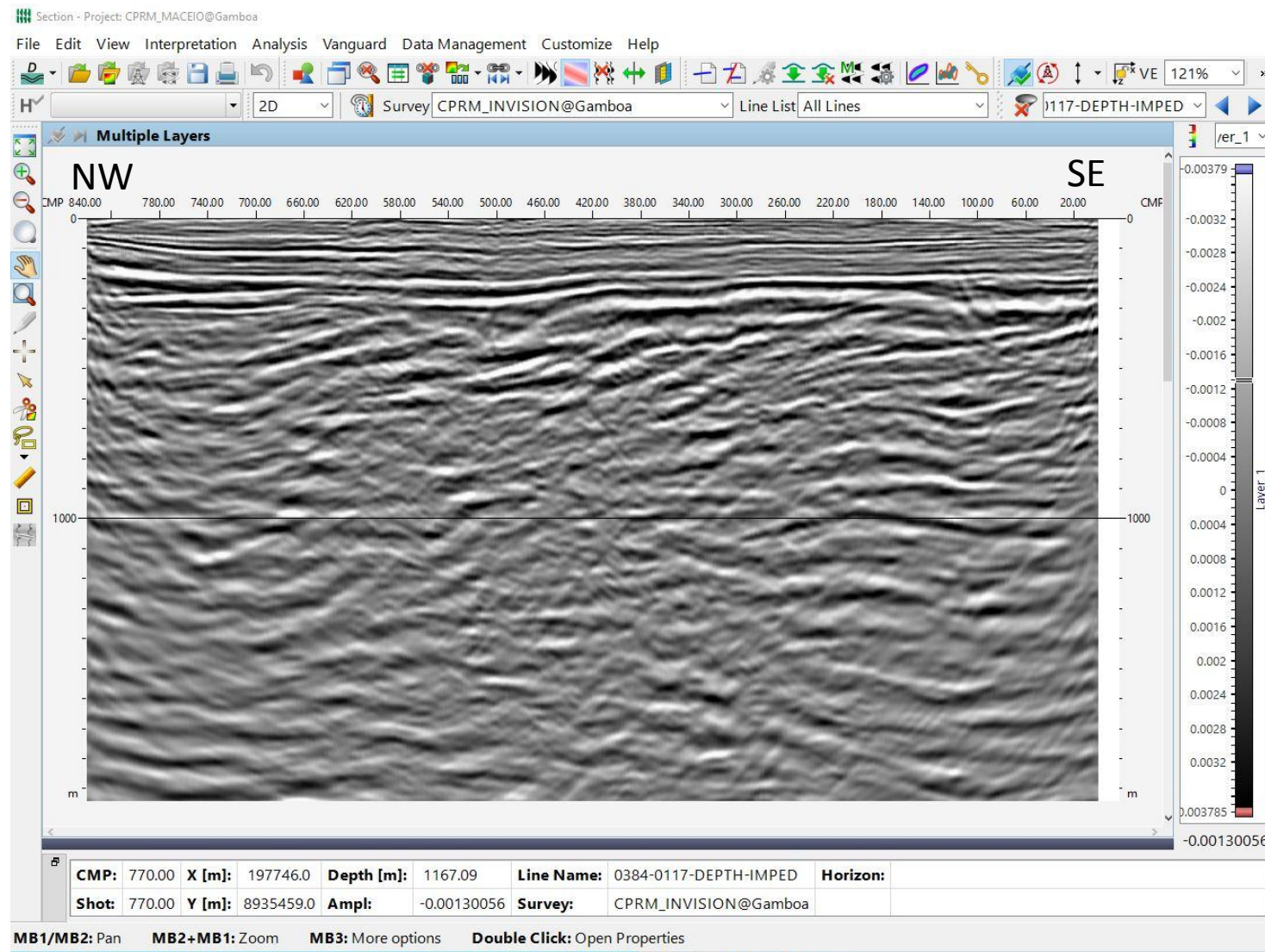
Linha 2-D 384-0117_CPGEO_Time_Zoom



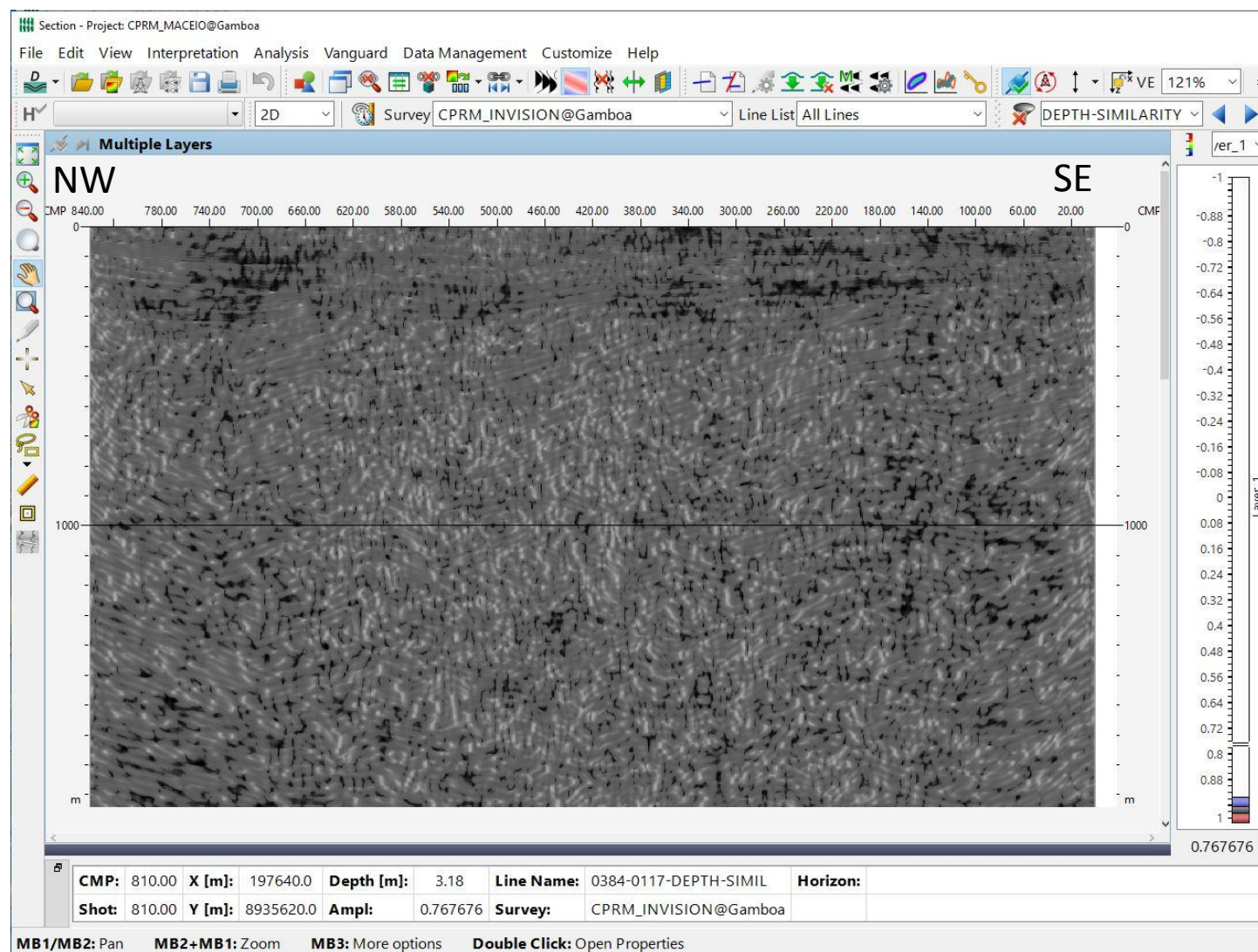
Linha 2-D 384-0117_Invision_Depth



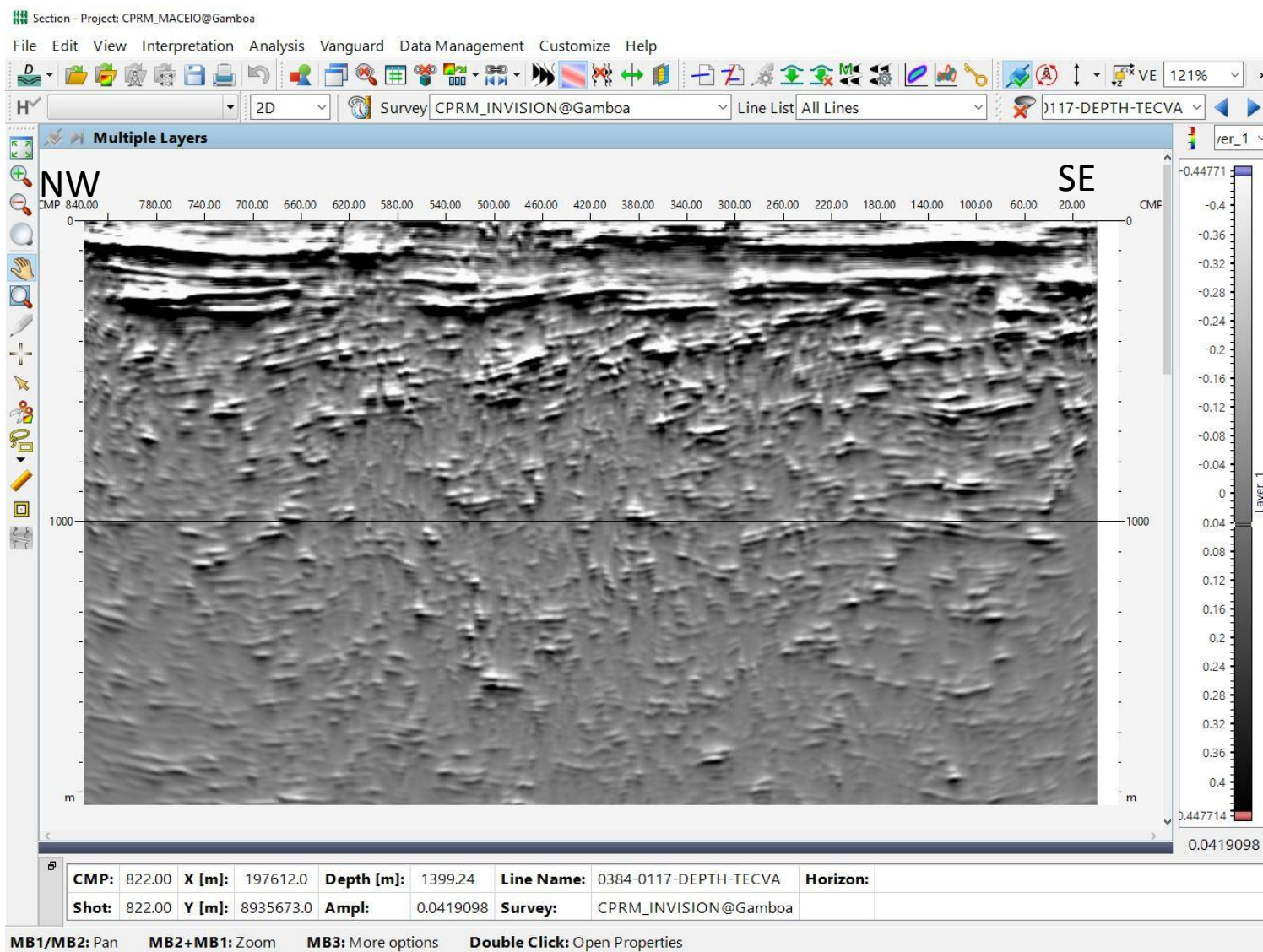
Linha 2-D 384-0117_Invision_Depth_Impedancia



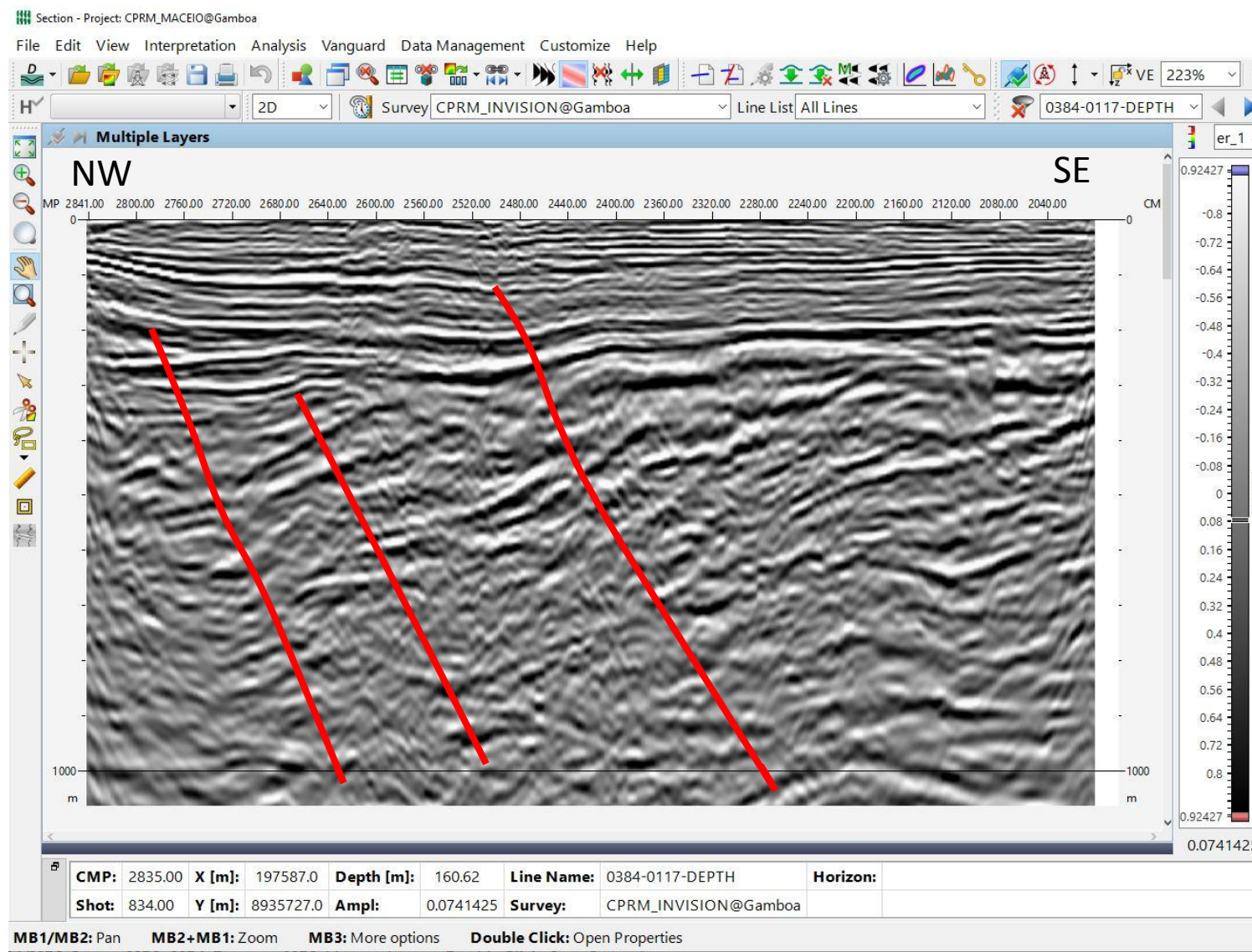
Linha 2-D 384-0117_Invision_Depth_Similarity



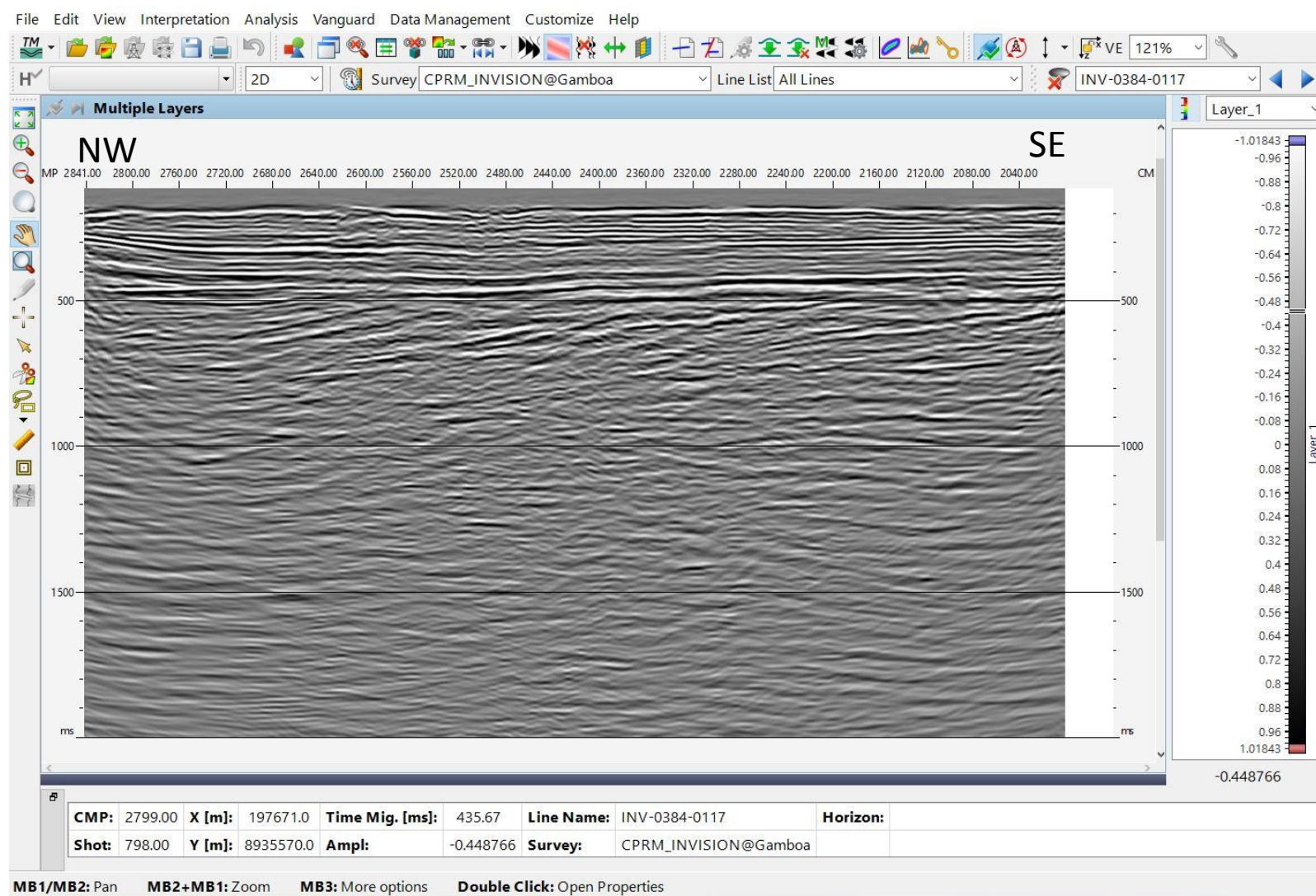
Linha 2-D 384-0117_Invision_Depth_TecVA



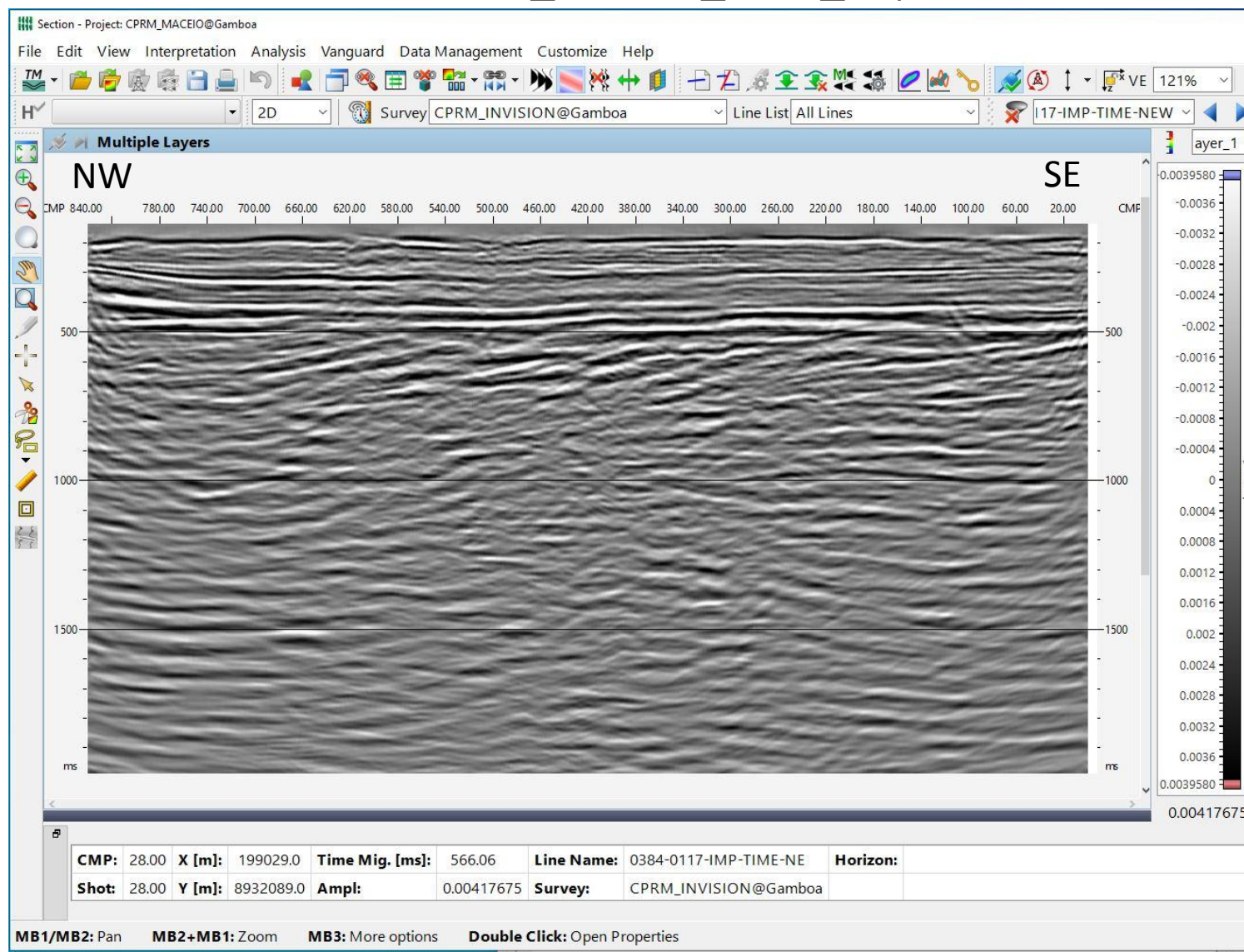
Linha 2-D 384-0117_Invision_Depth_Zoom



Linha 2-D 384-0117_Invision_Time



Linha 2-D 384-0117_Invision_Time_Impedancia



Considerações sobre os dados sísmicos recebidos

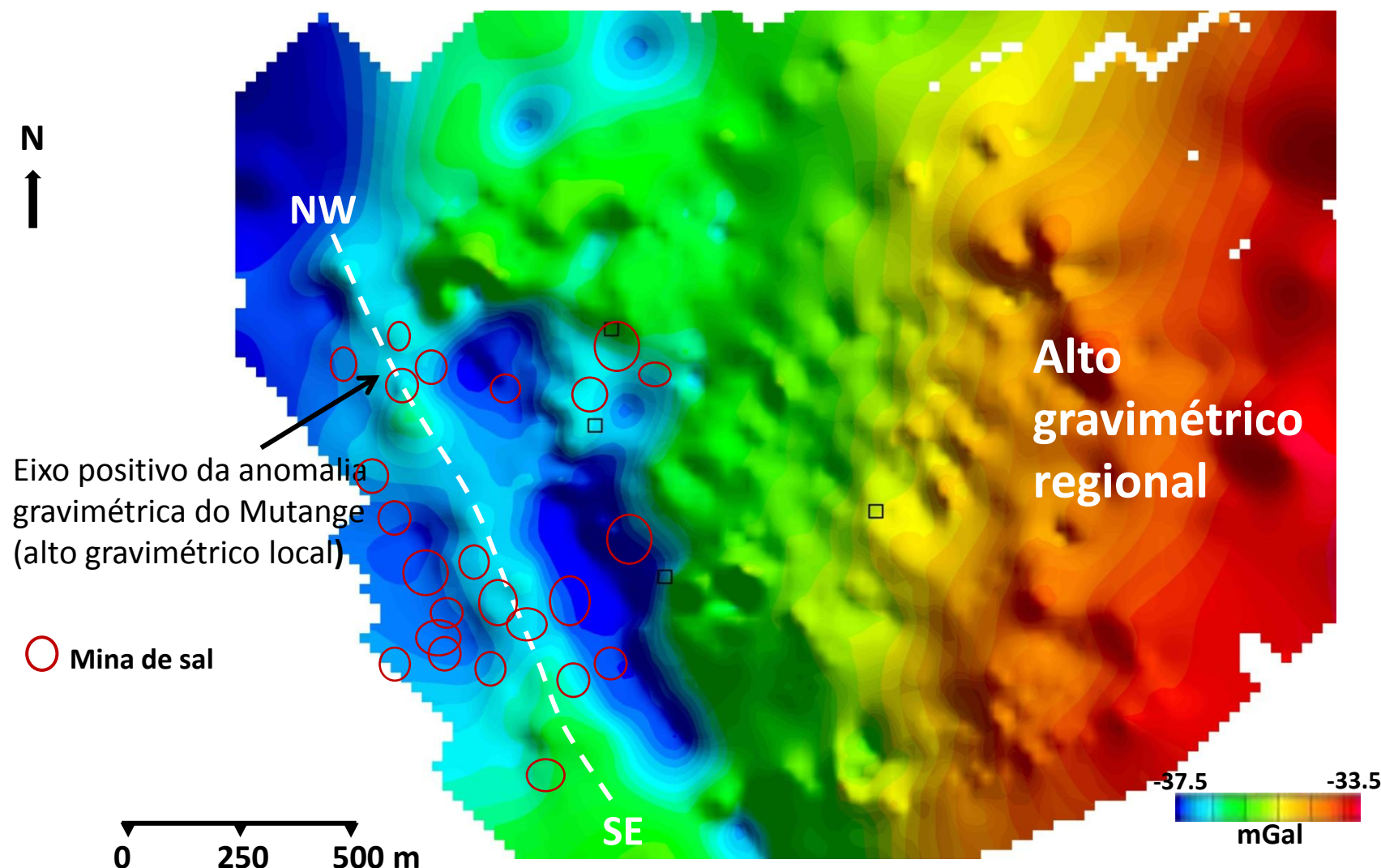
- As linhas atiradas pela Brasken possuem um curto comprimento, o que dificulta o imageamento da seção evaporítica.
- A migração dos dados é um processo que muitas vezes corrompe os dados em situações de camadas horizontais. Isto parece ter ocorrido em ambos processamentos.
- Houve ganhos e perdas relativas em ambos processamentos. No caso das linhas da CPGE0
- Seria interessante ter um novo reproprocessamento para tentar uma melhoria a partir dos resultados dos anteriores e das informações obtidas nas linhas regionais da área.

2. Geração de mapas de anomalias gravimétricas e magnéticas

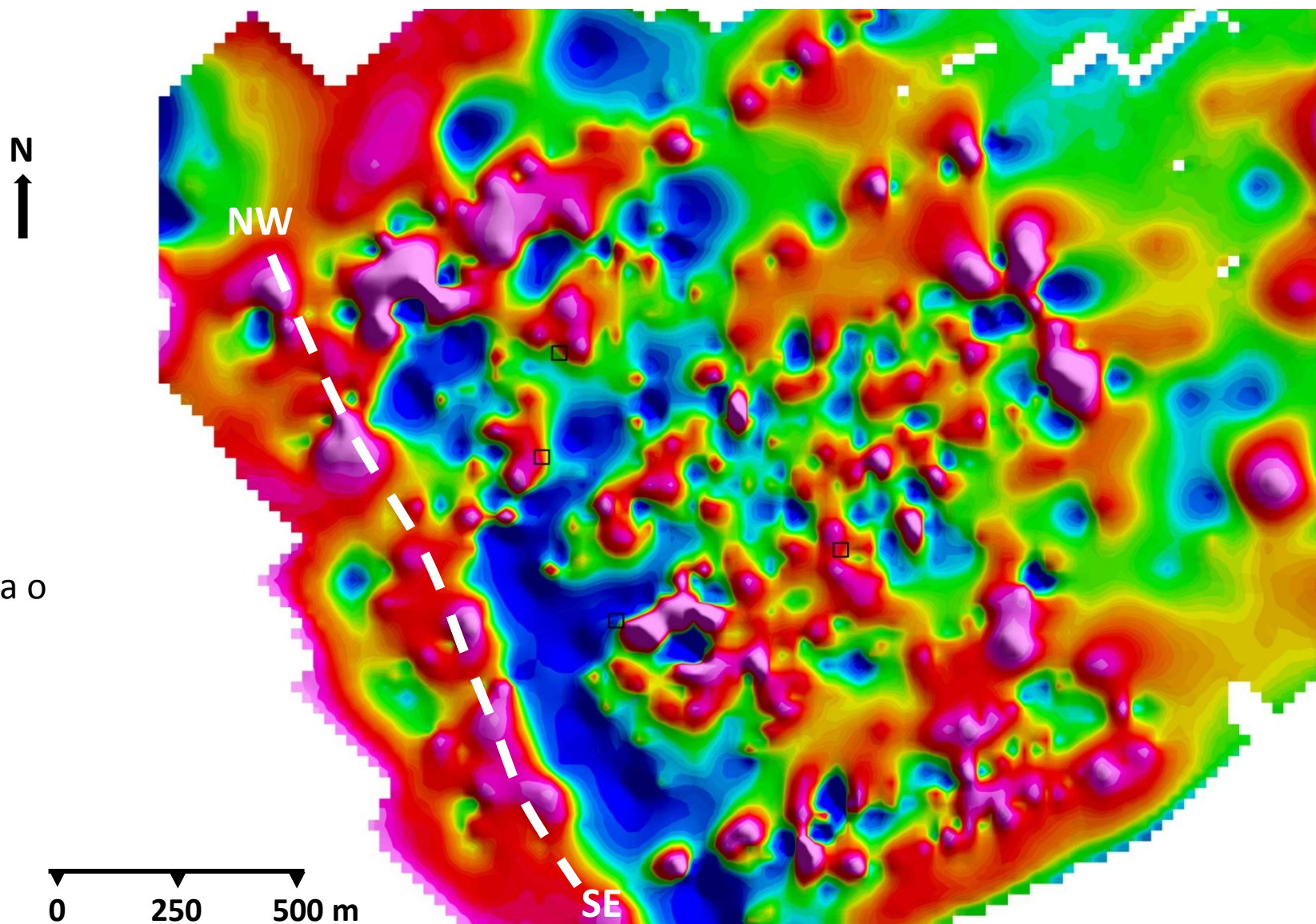
2.1. Inversão de dados gravimétricos e magnéticos e interpretação preliminar

Contextualização da área alvo

- O alto gravimétrico regional associado ao alto estrutural do embasamento, localizado a NE da área alvo.
- O alto gravimétrico local associado ao lineamento NW-SE da denominada Falha do Mutange.



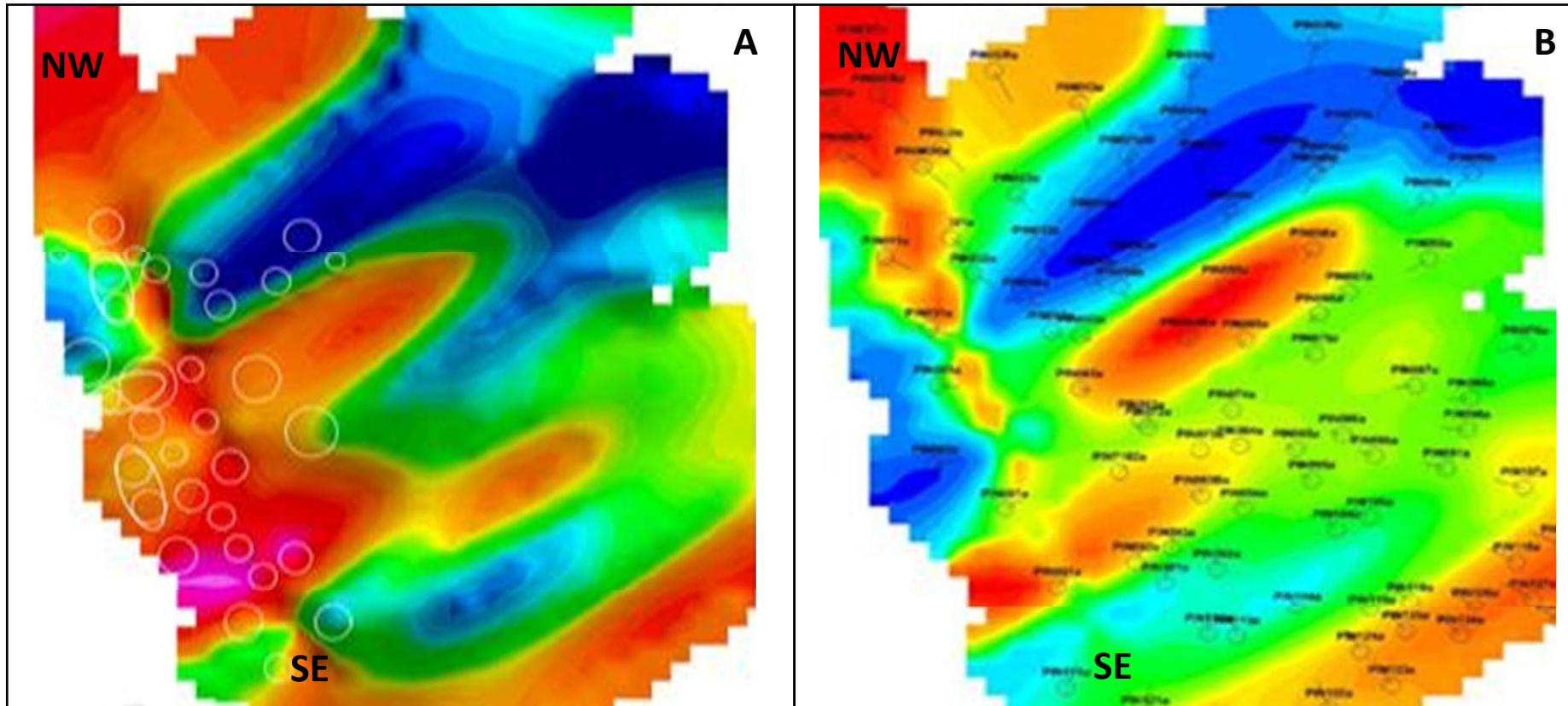
Mapa da anomalia de gravidade Bouguer na área alvo (levantamento executado pela CPRM, 2019)



Notar que a dv
elimina o alto
gravimétrico
regional e enfatiza o
eixo NW-SE da
estrutura do
Mutange

Mapa da primeira derivada vertical da anomalia Bouguer

Imagens da distribuição de resistividades obtidas por AMT (relatório CPRM)



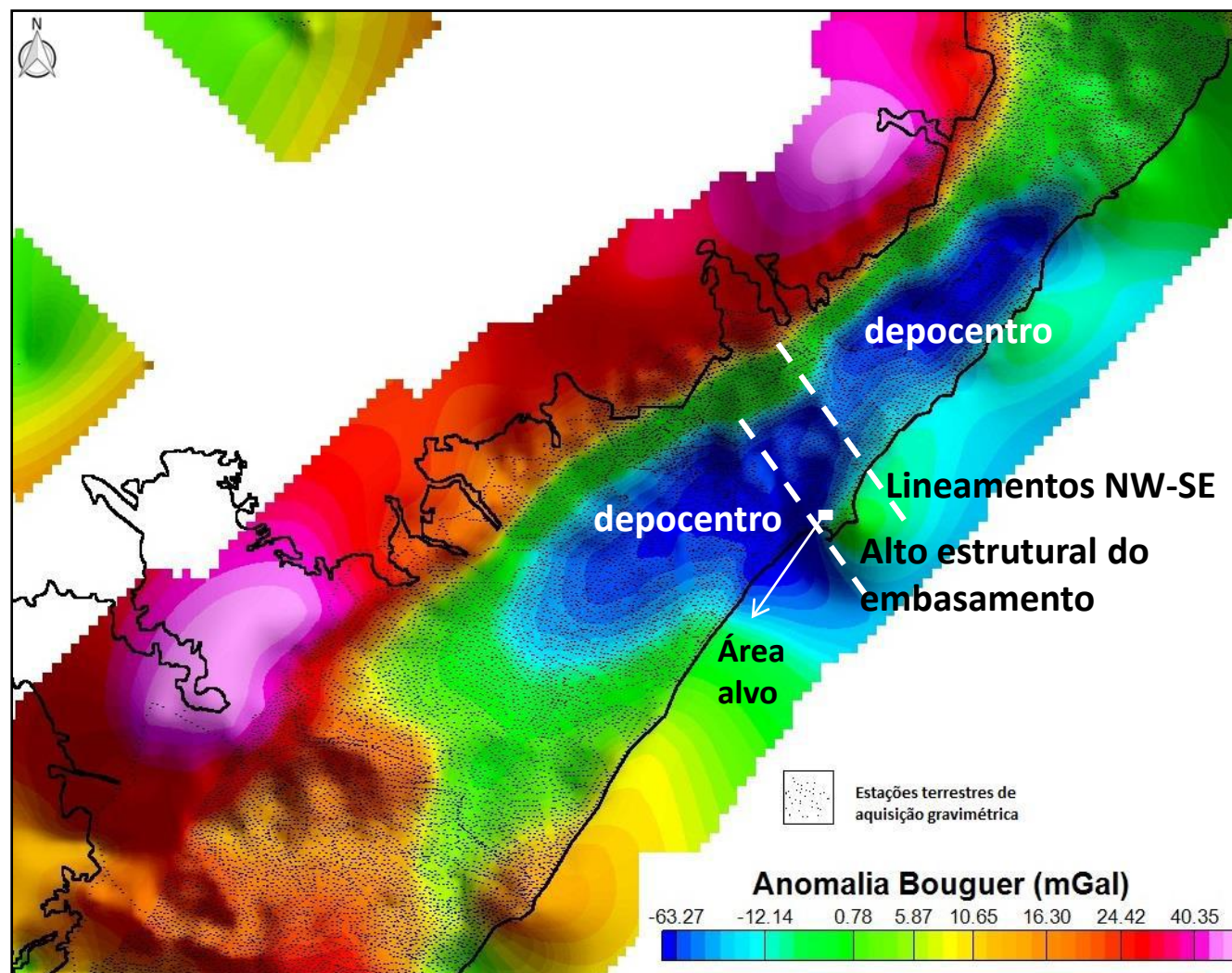
A – sondagem no nível de 500 m de profundidade

B – sondagem no nível de 1100 m de profundidade

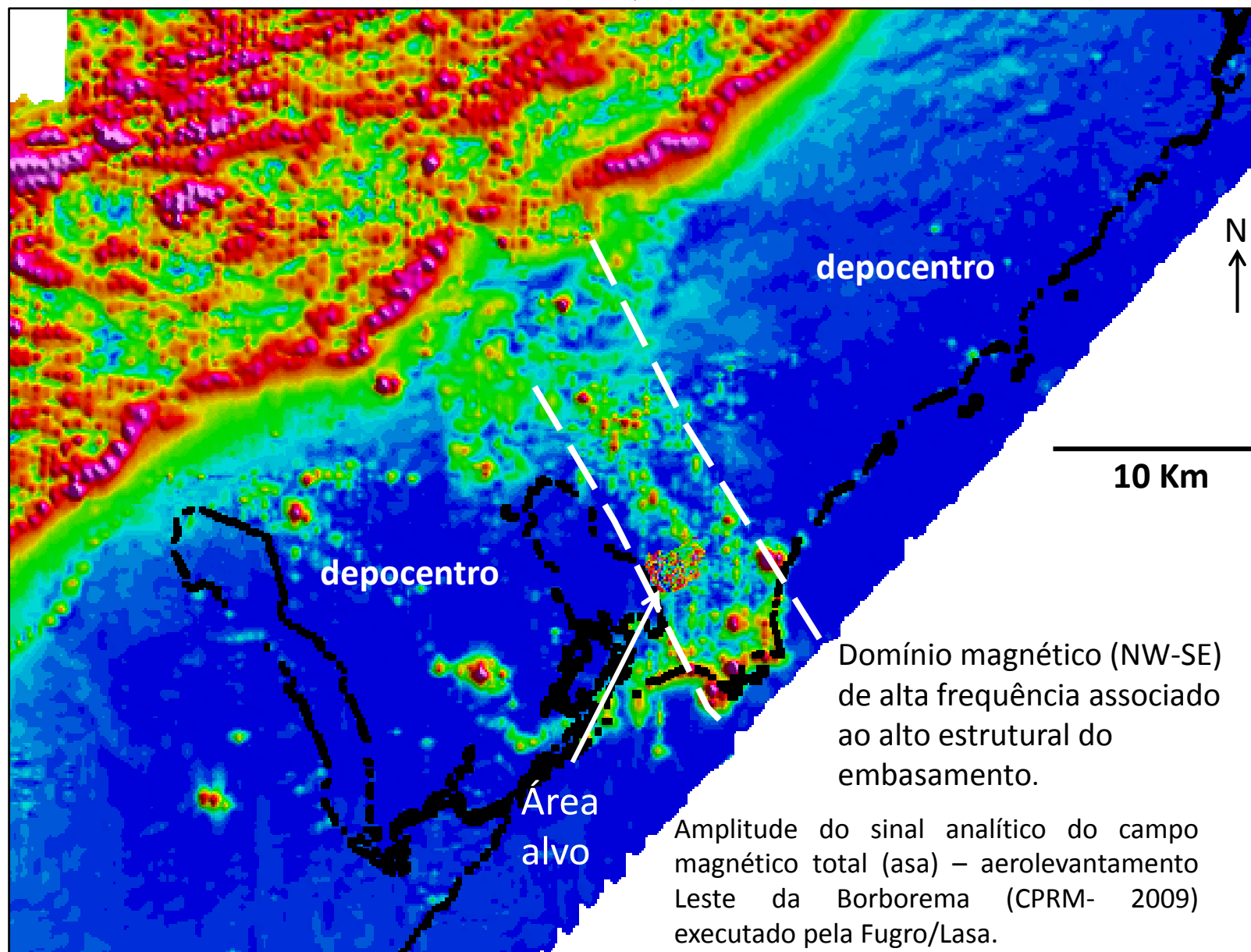
Notar que o AMT evidencia o eixo NW-SE da estrutura do Mutange, partindo de 1100 m e continuando em direção à superfície, sugerindo a presença de uma fonte rasa (de origem intra-sedimentar) também enfatizada pela dV da anomalia Bouguer.

Inserção da área de subsidência (a área alvo) no contexto regional

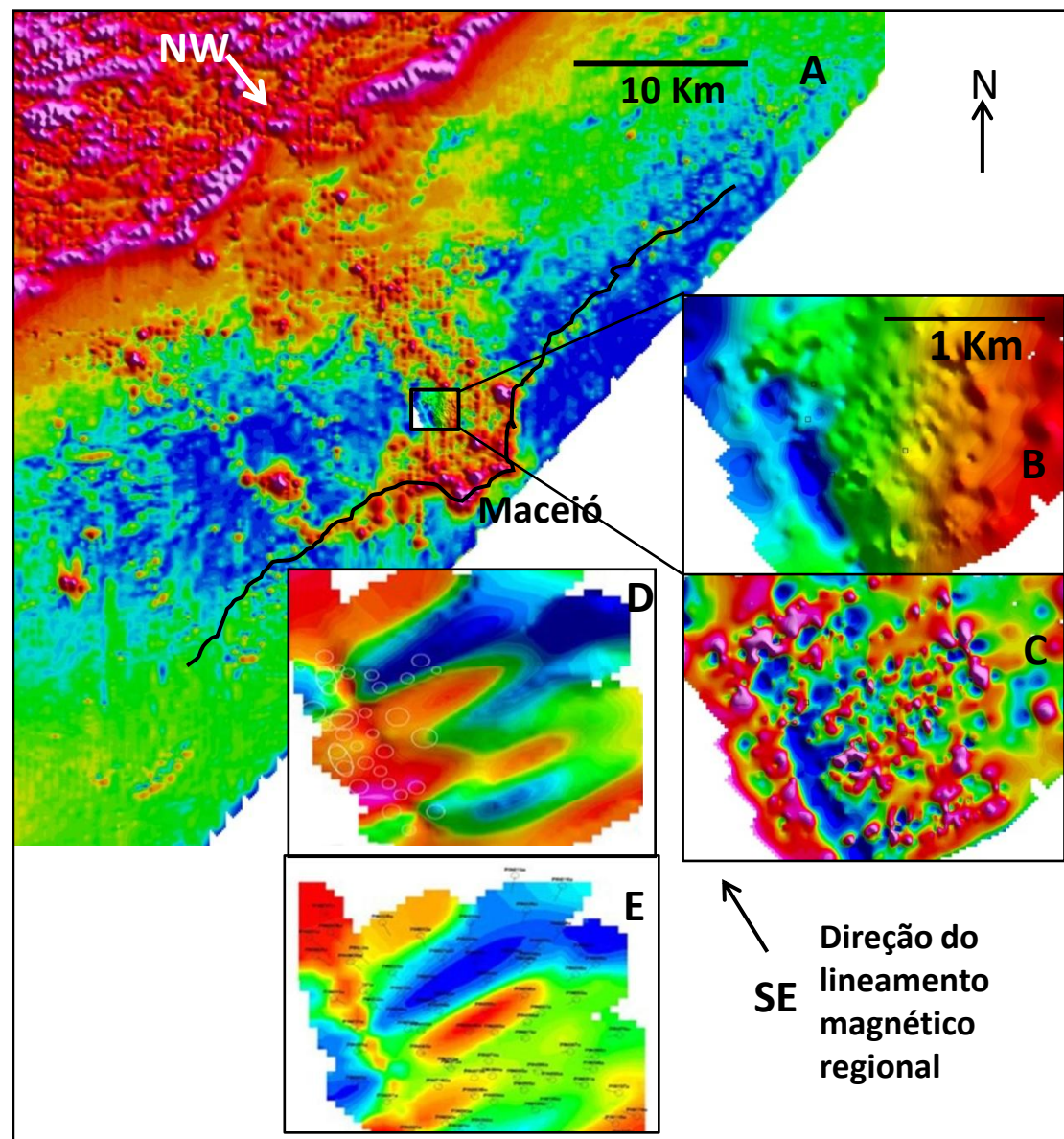
- O alto estrutural regional de eixo NW-SE situado a NE da área a alvo.



Mapa resultante do levantamento gravimétrico terrestre Debar-denest (Petrobras – ANP) extraído e adaptado de Martins (2019).



Notar o paralelismo do lineamento local NW-SE com o lineamento regional de mesma direção.



A – Mapa magnético regional (asa)

Zoon da área alvo

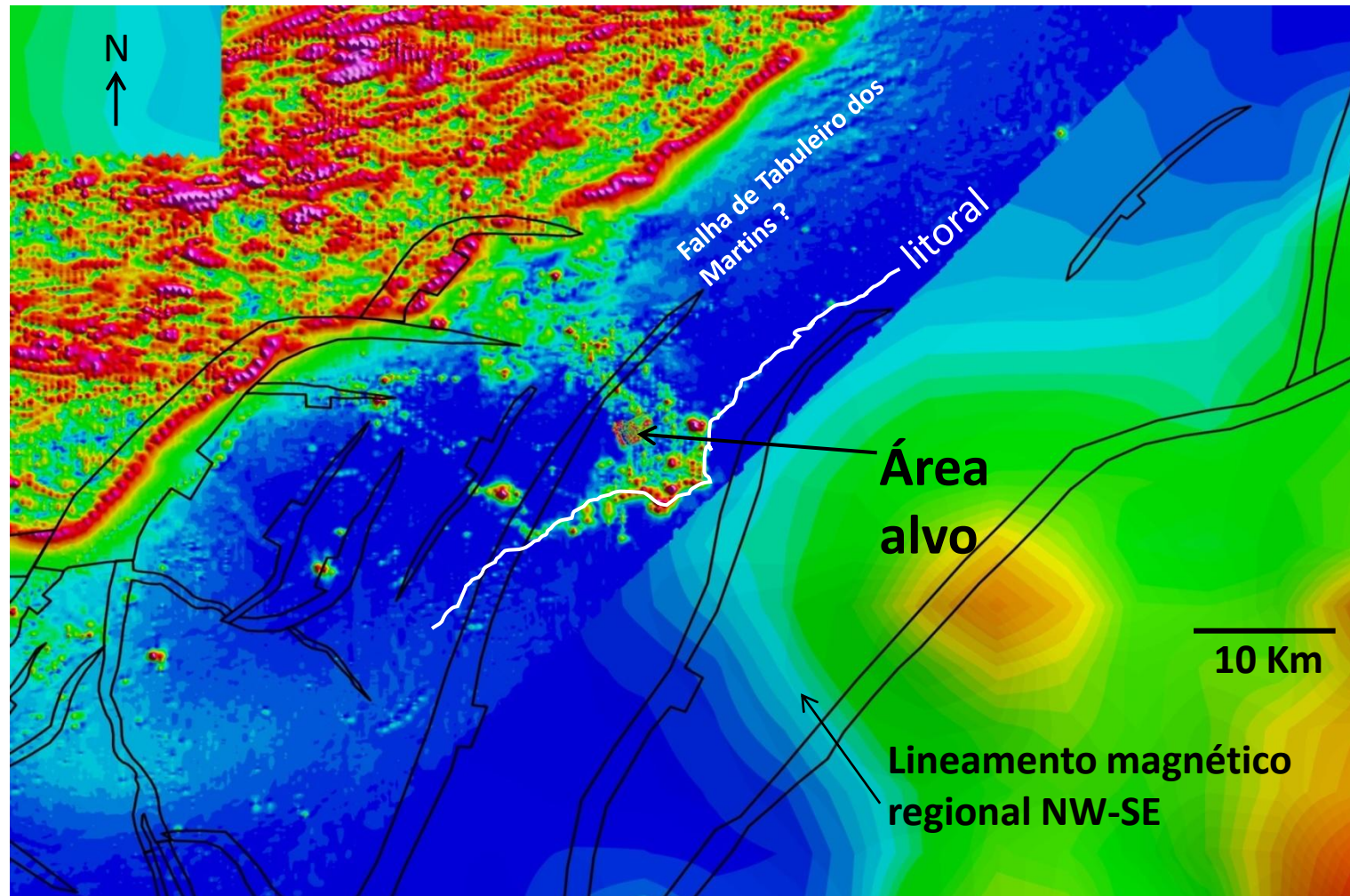
B – anomalia Bouguer

C – dv da anomalia Bouguer

D – resistividade a 500 m (AMT)

E – resistividade a 1100 m (AMT)

Direção do lineamento magnético regional
SE



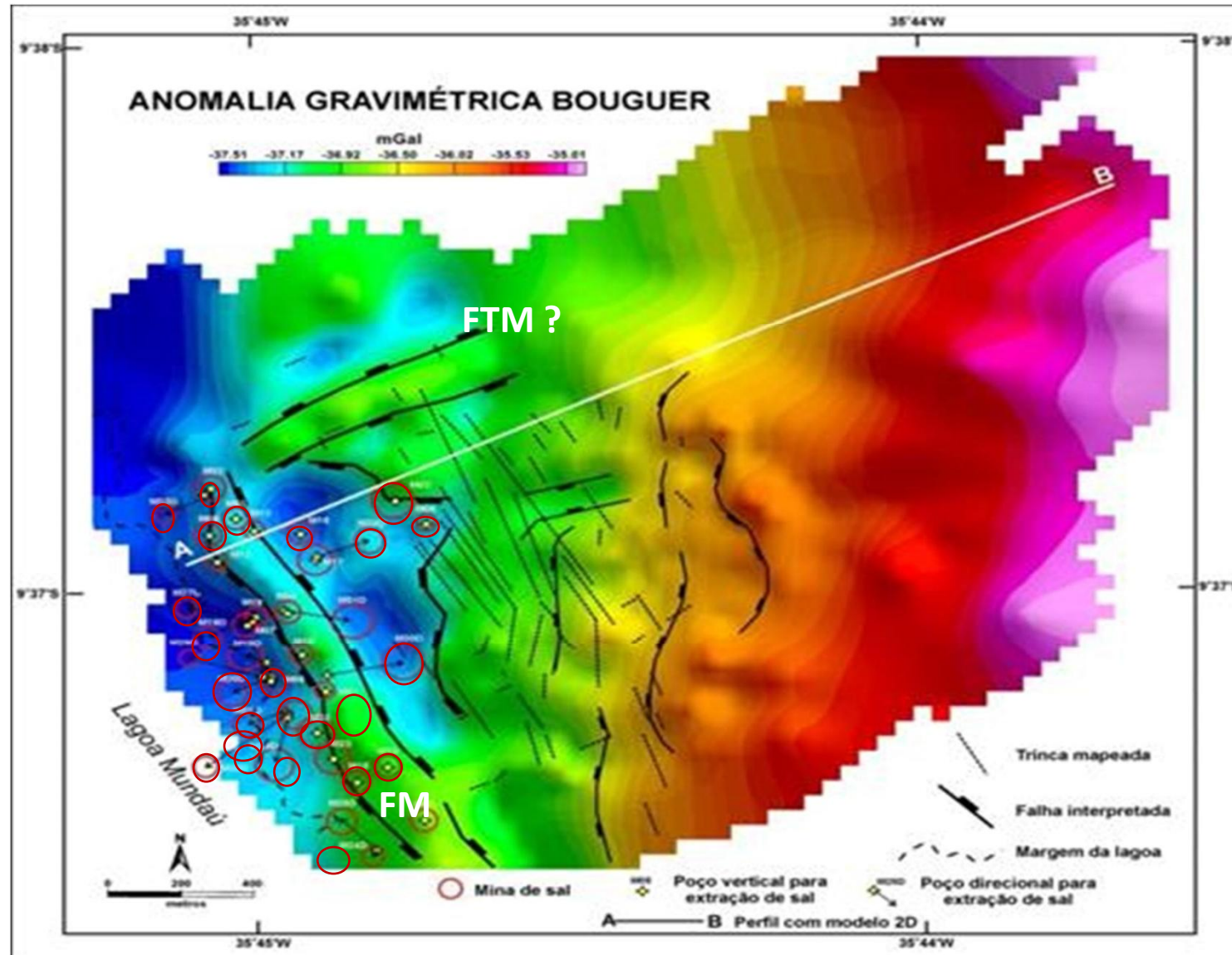
Area NW – Leste da
Borborema (asa)

Area SE – base de dados
globais Emag 2 (asa)

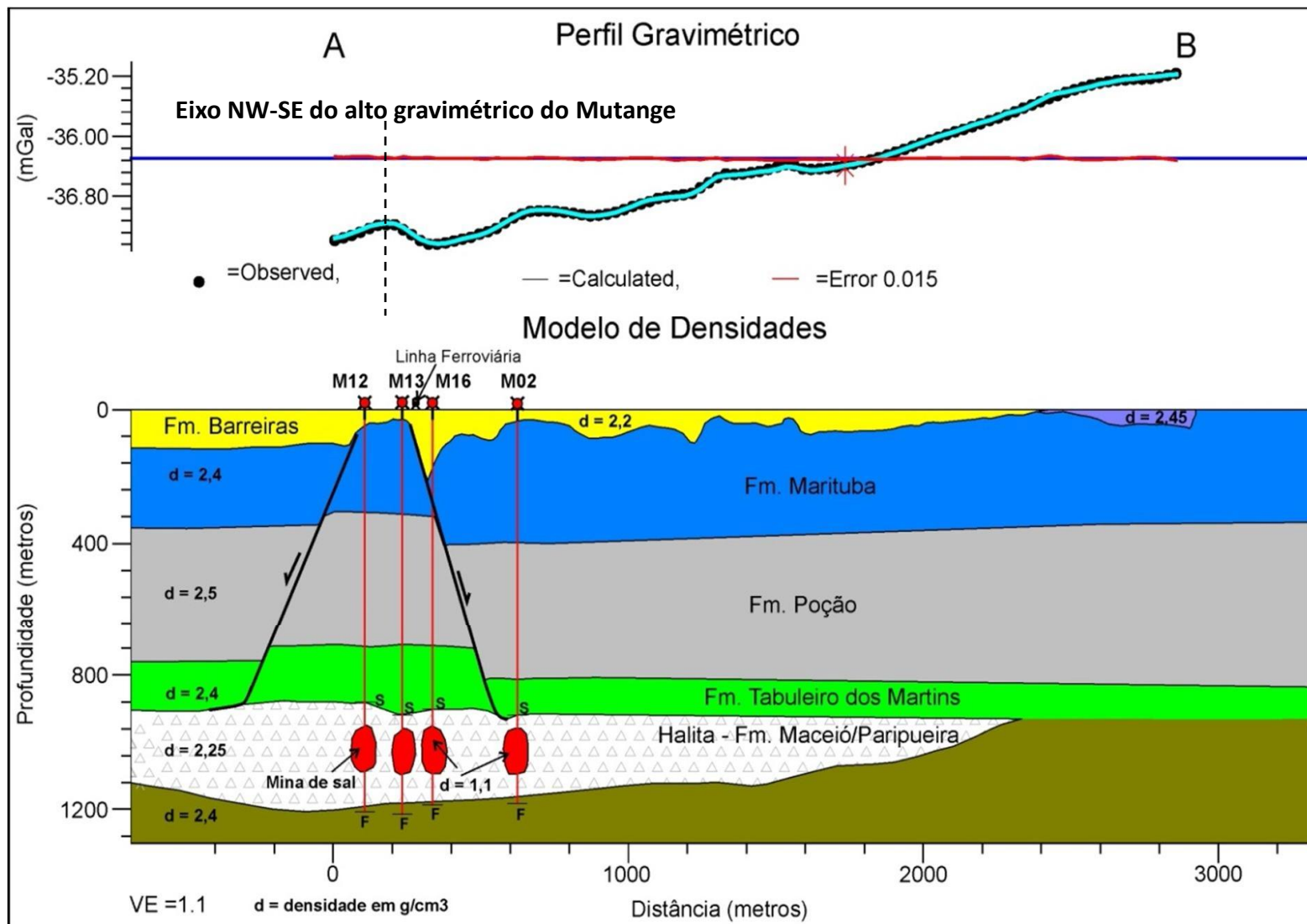
Falhas normais do rifte (traço
preto) – sísmica Petrobrás

A interpretação gravimétrica de detalhe realizada pela CPRM sobre a área alvo – uma revisão

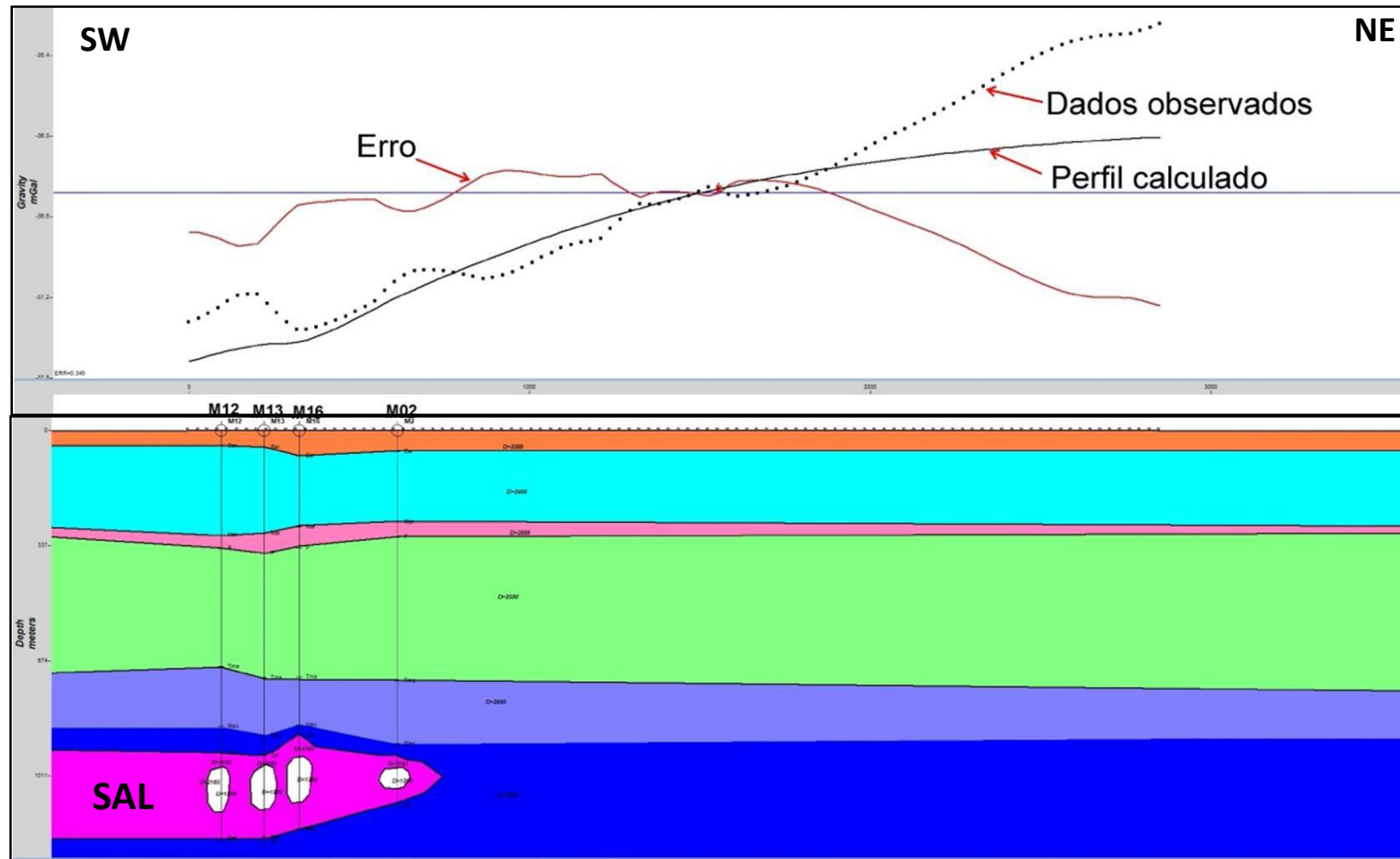
- A Falha do Mutange associada ao alto gravimétrico Bouguer de eixo NW-SE.



Interpretação do mapa de anomalia Bouguer (relatório da CPRM) assinalando a Falha do Mutange (FM) e a Falha de Tabuleiro dos Martins (FTM).



Interpretação da Falha do Mutange que eleva o bloco acima do sal gerando a anomalia gravimétrica positiva de eixo NW-SE (relatório da CPRM).

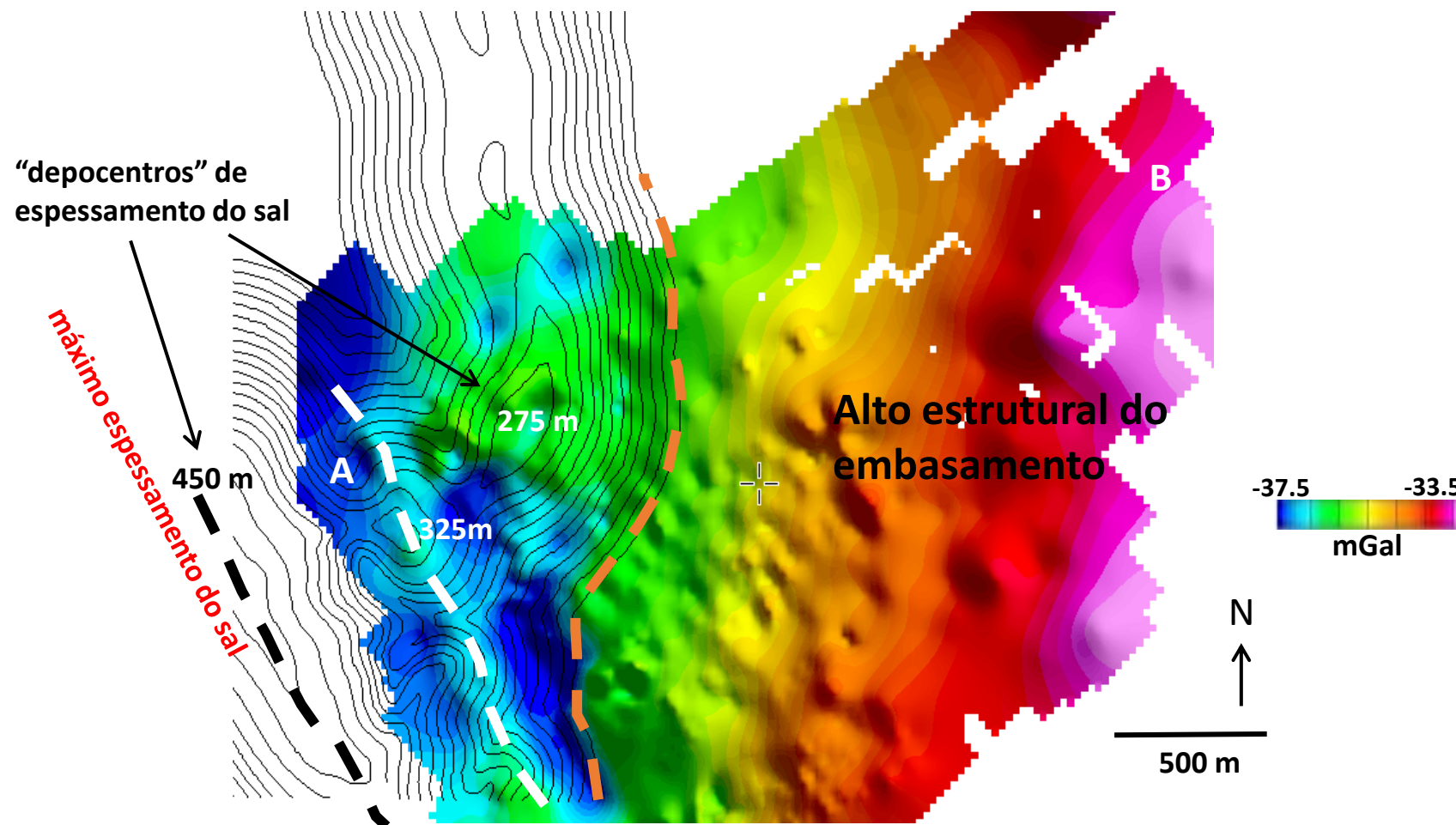


Seção Brasken com modelagem gravimétrica da CPRM. Notar a leve perturbação das camadas acima do sal (evidenciada pelos poços) e o erro crescente para NE entre a gravidade calculada e a observada resultante da ausência de um contraste positivo de densidades na extremidade NE da seção.

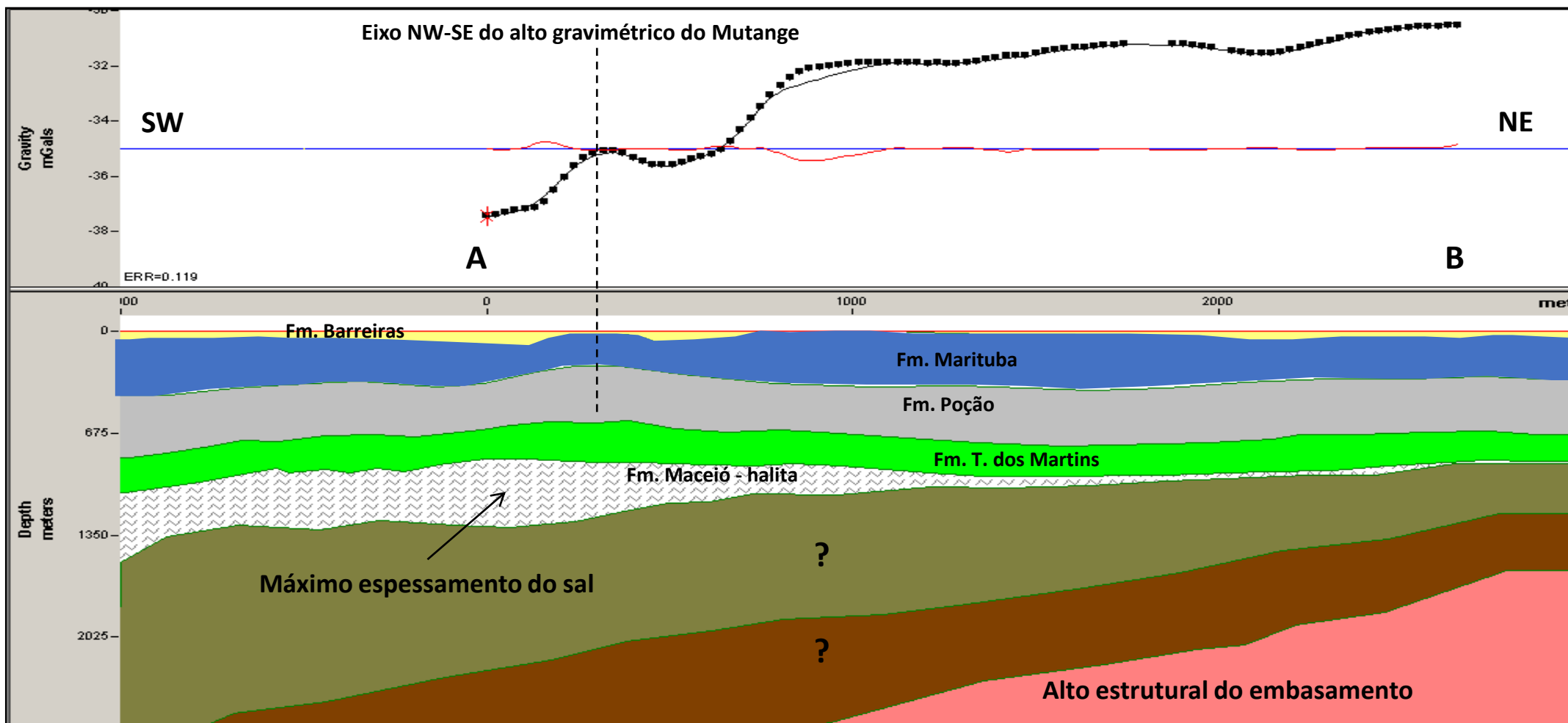
Uma interpretação preliminar realizada por modelagem direta (modelo 2.5 D) utilizando a anomalia de ar livre sobre a estrutura do Mutange

- É apresentada nesse item uma interpretação alternativa da estrutura do embasamento na área de interesse. Esta interpretação é baseada no mapa de isópacas do sal (de autoria da Brasken) e nos mapas potenciais regionais. Ela assume a existência de um alto do embasamento a NE da área alvo e um alto resultante do arqueamento das camadas sedimentares acima do sal de eixo fortemente alinhado na direção NW-SE. Essa modelagem é bastante consistente com os dados observados.

Comparação entre o mapa de isópacas do sal e a estrutura gravimétrica



Isópacas do sal (curvas pretas) superpostas à anomalia Bouguer. Notar o paralelismo dos contornos do alto estrutural com o limite do sal (tracejado marrom) e o claro paralelismo da estrutura do Mutange (tracejado branco) com o eixo de máximo espessamento do sal (tracejado preto). AB – seção gravimétrica.



Interpretação preliminar da anomalia de ar-livre (seção AB) com base no mapa de isópacas do sal e na presença do alto estrutural a NE. Notar o forte adelgaçamento do sal em direção ao alto estrutural e o seu espessamento próximo à estrutura do Mutange, acompanhado de um leve arqueamento das camadas superiores.

Conclusões preliminares

- Os estudos dos métodos potenciais sugerem a existência de um alto regional do embasamento, situado a nordeste da área de interesse, cujo *trend* NW-SE é notavelmente paralelo ao alto local do Mutange.
- A modelagem gravimétrica sugere que esse alto do Mutange de eixo NW-SE (a chamada falha do Mutange pela CPRM) resulta de uma estrutura que se desenvolve acima das minas de sal, se aproximando da superfície e perturbando a cobertura do Barreiras.
- A modelagem sugere também, a presença de uma elevação gradativa do embasamento para NE, acompanhada de um adelgaçamento da camada de sal e um intumescimento da mesma próximo ao alto do Mutange. Pode-se ver que o eixo de maior espessamento do sal é notavelmente paralelo ao alto do Mutange, na direção NW-SE.
- O corpo de sal da área alvo se apresenta deformado em decorrência da sua provável migração para áreas mais baixas a partir do embasamento elevado a NE. É notável o seu eixo MW-SE de máximo espessamento que se apresenta paralelo ao alto local do Mutange e ao alto regional.
- É importante enfatizar que não existe até o momento uma cronologia dos processos geológicos e eventos tectônicos relacionados às feições descritas nas observações acima. É provável que tenham, essas, evoluído na fase rifte e pos-rifte com alguma eventual reativação paleógena, não guardando, portanto, nenhuma relação causadora com o processo de subsidência e deformação rúptil observado atualmente em evolução na área alvo, afetando feições culturais nos bairros Pinheiro, Bebedouro e Mutange.

Objetivos e demandas

- A modelagem gravimétrica da área alvo deve evoluir em conjunto com a interpretação sísmica objetivando minimizar a sua ambiguidade natural, uma vez que, até o presente momento, foi apresentado um modelo interpretativo preliminar baseado em pouca informação *a-priori*.
- Objetivando aprimorar e evoluir o modelo interpretativo proposto com apoio da sísmica regional, será muito importante a obtenção dos dados digitais do levantamento gravimétrico terrestre (referido no slide 7) junto à ANP.

3. Integração de mapas geológicos georreferenciados da região

3.1 Mapa Geológico integrado e revisão da geologia regional e local

Introdução

A área de estudo está localizada na porção sul da Província Borborema ao norte do Cráton de São Francisco. Esta província pode ser subdividida pelos domínios Faixa de Dobramento Sergipana e Maciço Pernambuco, representado por falhas transpressivas dextrais de direção preferencial NW-SE a WNW-ESE, e pelo maciço Pernambuco-Alagoas ao norte.

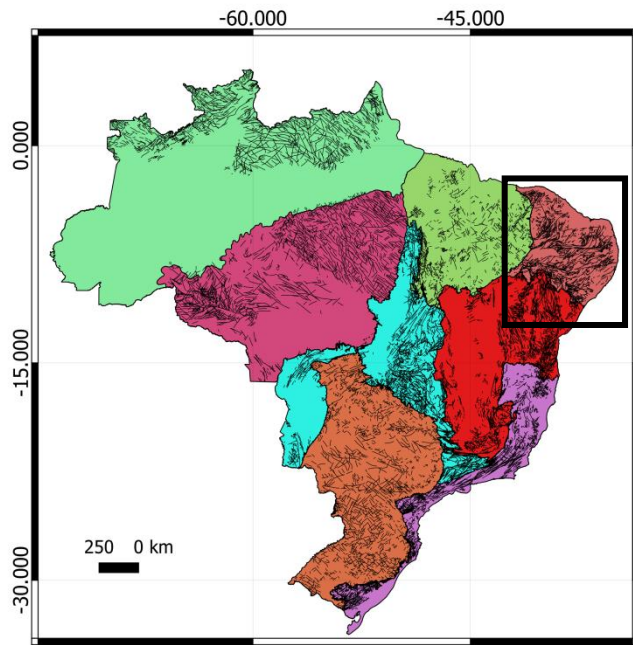
Mapas integrando a tectônica neogênica e quaternária são apresentados por diversos autores. Contudo, estes produtos abrangem a tectônica regional e devem ser atualizados constantemente devido a evolução do banco de dados e da aplicação dos métodos de datação da deformação recente. Ressalta-se que as datações são de suma importância para desvendar a estratigrafia tectônica da área. Outro aspecto que deve ser focado é a distinção das estruturas relativas às tensões regionais das tensões locais e, principalmente, aquelas advindas de potencial ação antropogênica.

É bem aceito que a tal evolução é condicionada por reativação de estruturas da fase Rifte, que por sua vez, em muitos casos, reativaram no Eocretáceo estruturas pré-cambrianas do embasamento cristalino. O presente trabalho apresenta uma breve revisão das estruturas pretéritas dando enfoque a estruturas da fase Rifte.

Após apresentar as principais estruturas do embasamento e as paleotensões no contexto da fase Rifte, para as bacias do Nordeste, no domínio *onshore*, será apresentada uma revisão das deformações quaternárias na Sub-Bacia de Alagoas, e a estratigrafia tectônica desses eventos.

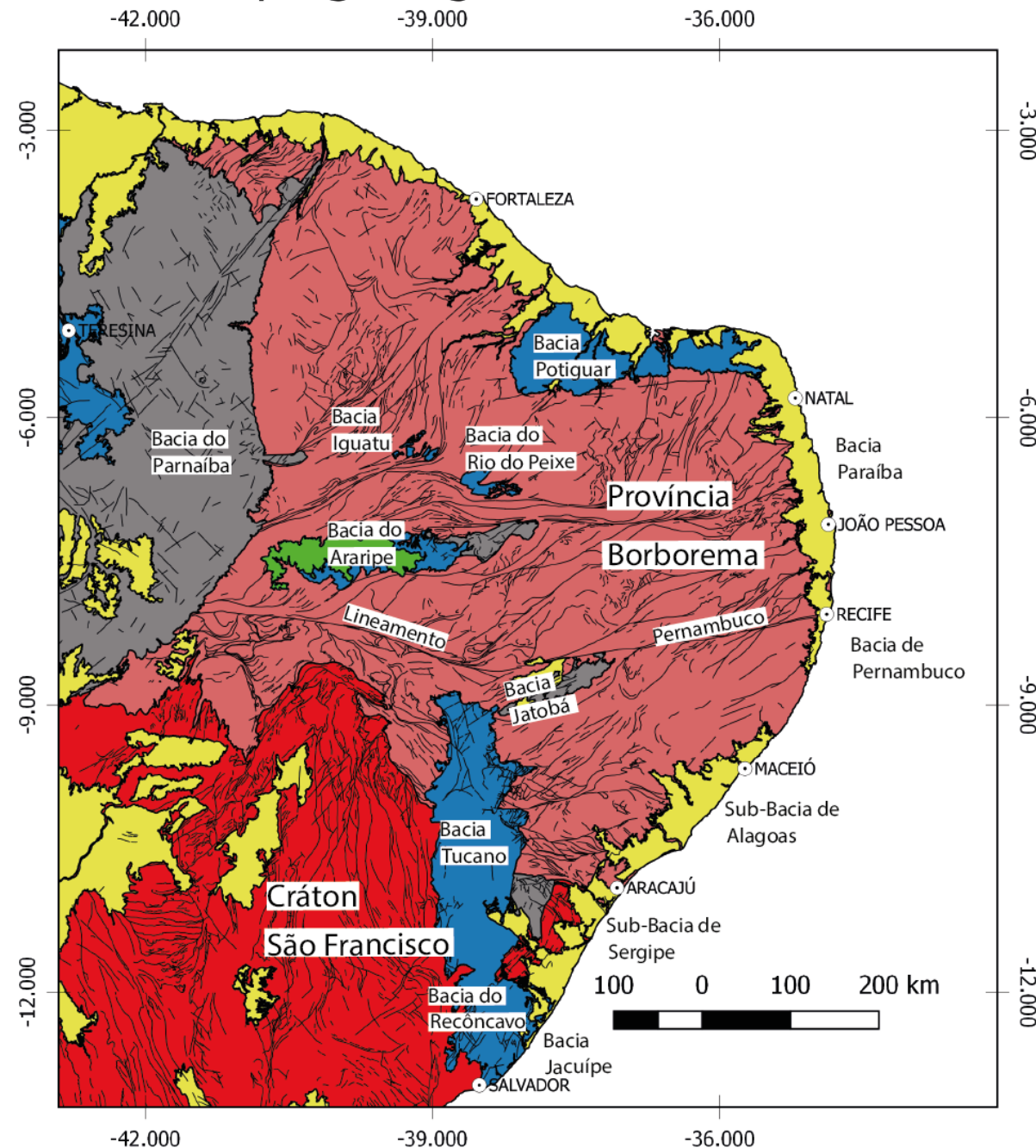
Finalmente estes dados serão correlacionados com as estruturas (falhas, fraturas e rachaduras) mapeadas na Cidade de Maceió, incluindo as da área alvo, junto à Lagoa Mundaú, nos bairros Pinheiro, Bebedouro e Mutange.

Mapa geológico-estrutural do nordeste do Brasil



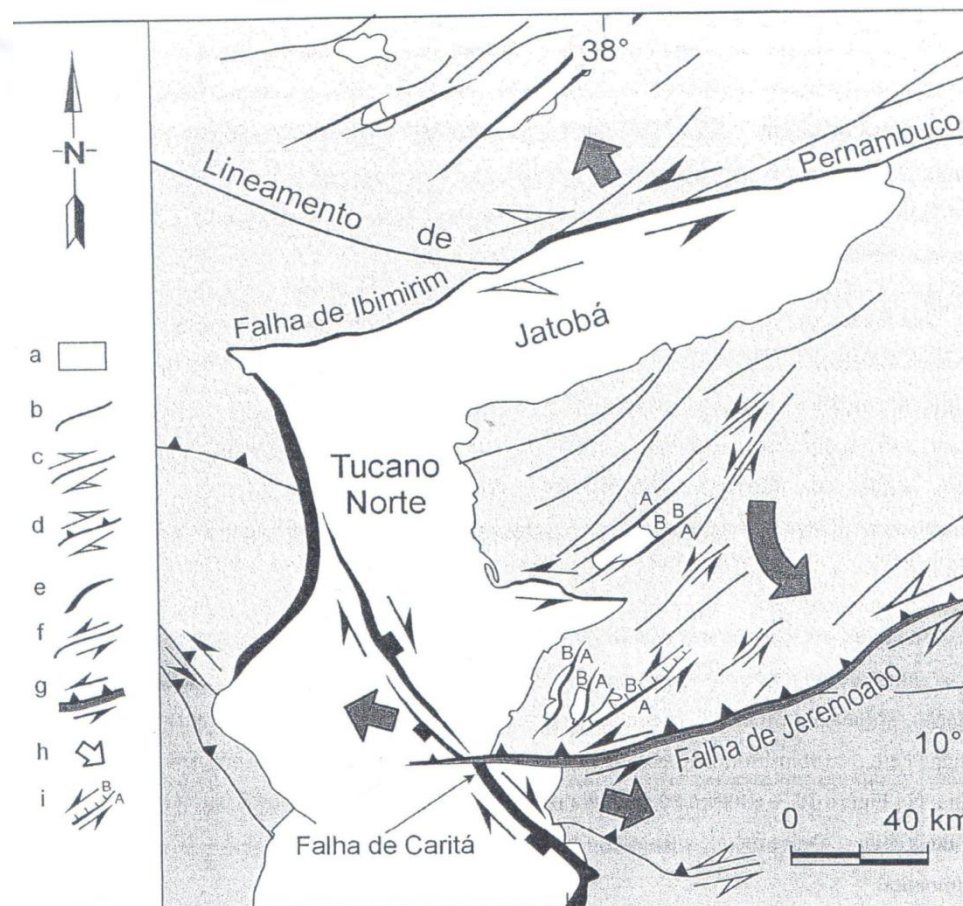
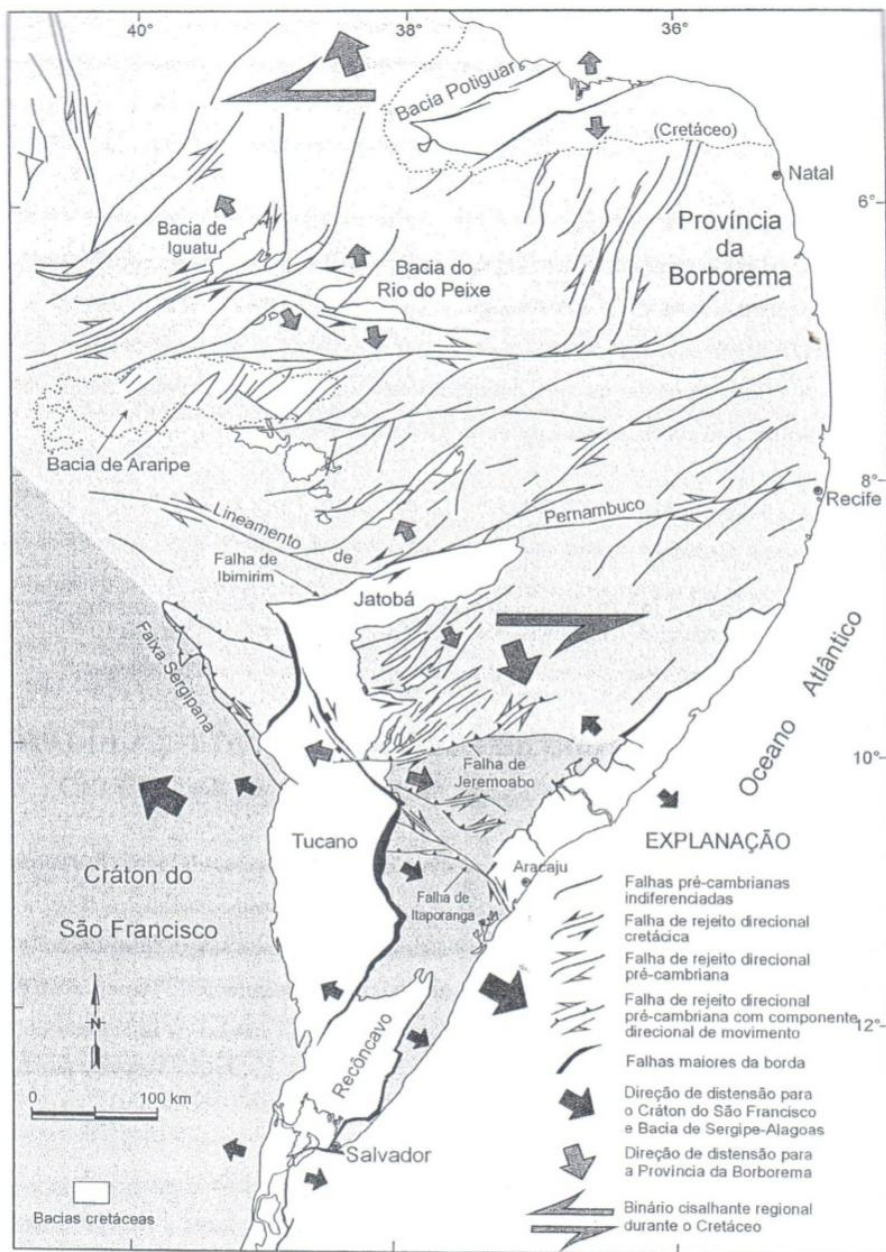
Legenda

- capitais
- estruturas_brasil
- bacias
 - CENOZOICO
 - CRETACEO/PALEOGENO
 - MESOZOICO
 - PALEOZOICO
- limite_provincias
 - BORBOREMA
 - SAO FRANCISCO



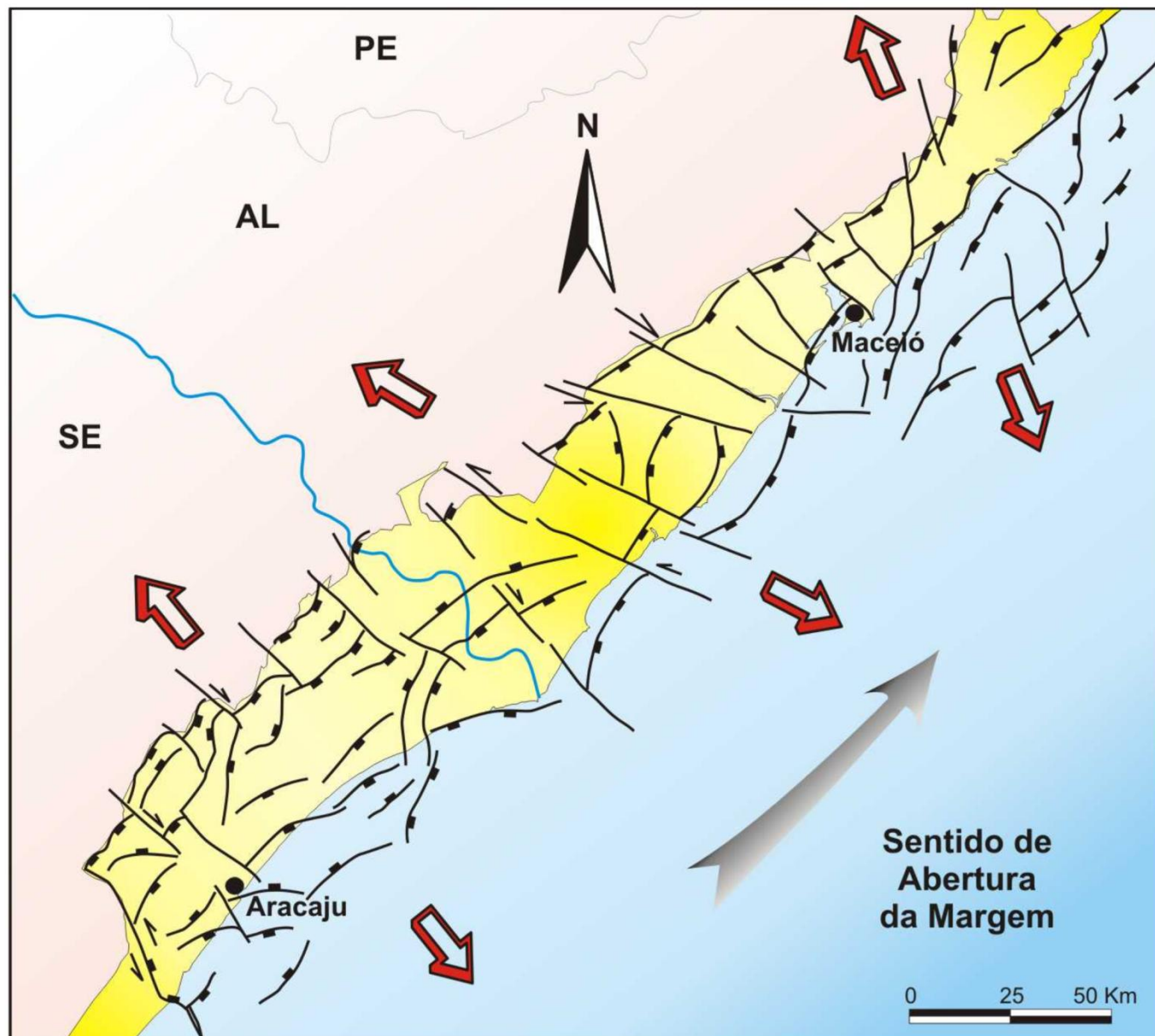
A Sub-bacia de Alagoas no Contexto geológico-estrutural do Nordeste do Brasil.

As principais estruturas reativadas na fase rifte são a borda da bacia de Sergipe-Alagoas, o Lineamento Pernambuco e o rifte abortado de Tucano-Jatobá. De acordo com Szatimari & Millani (1999) estas estruturas definem a Microplaca de Sergipe, que durante a abertura sofre rotação sinistral criando zonas distensivas e compressivas de acordo com a direção das estruturas pretéritas reativadas.



Fonte: Destro, 2002

Mapa da Província Borborema e suas principais estruturas reativadas durante a abertura, com a indicação da direção de distensão durante a fase Rifting. Notar que há variação na direção de distensão no segmento da sul da Província Borborema, de WNW-ESE na Bacia do Recôncavo a NNW-SSE no Lineamento Pernambuco.

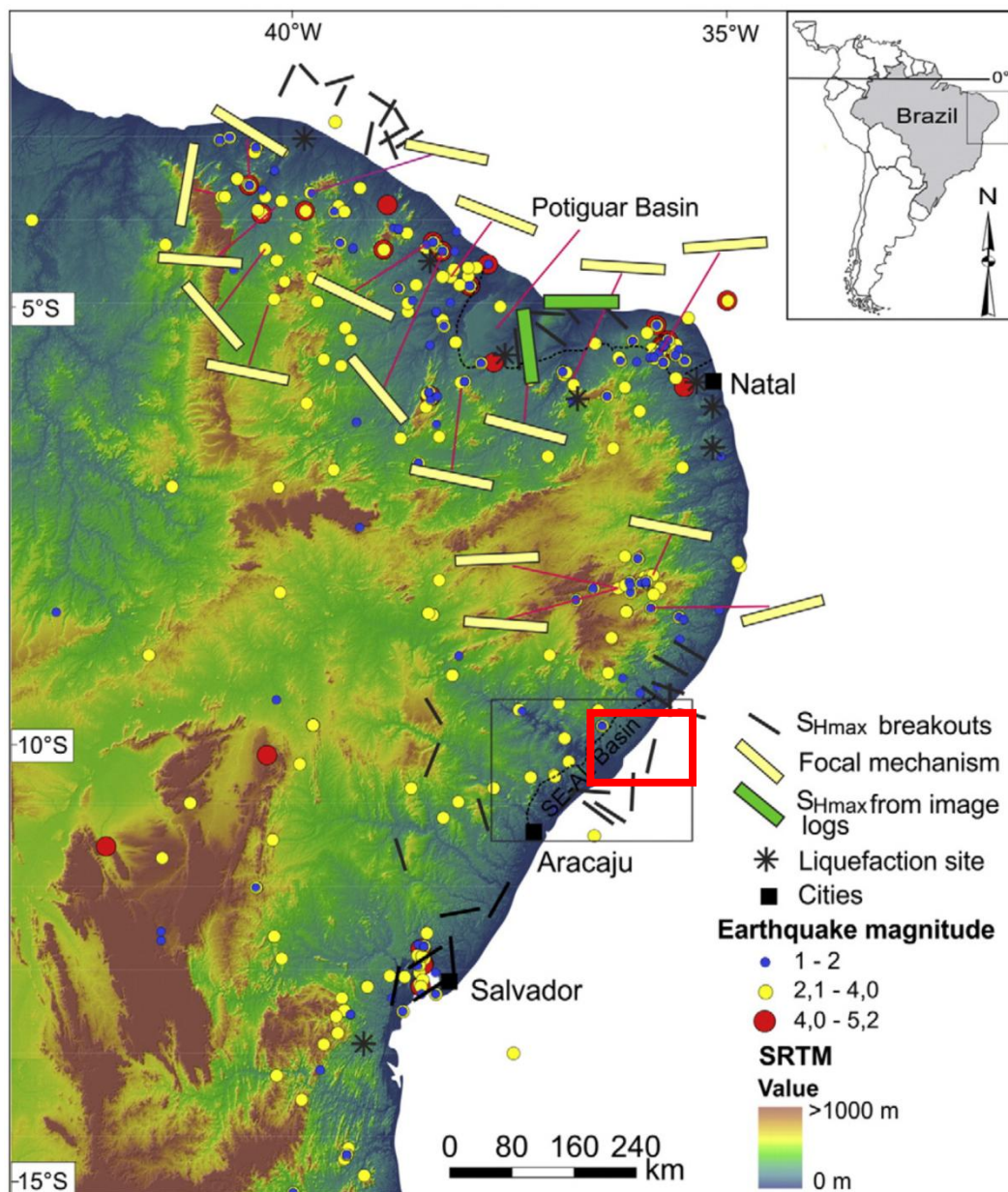


Modelo cinemático proposto para a deformação do Estágio Rifte e distribuição de paleotensões na Bacia de Sergipe/Alagoas.

A variação na direção da distensão durante a fase Rifte pode ser interpretada como paralela a direção das falhas de alívio e de transferência presentes na bacia (Destro, 2002).

As setas em vermelho representam os eixos de distensão máxima cuja orientação pode ter variado espacial e temporalmente, todavia mantendo-se no quadrante NW.

Fonte: Cruz, 2008; Destro, 2002



Modelo digital do terreno apresentando a sismicidade e direções de tensão horizontal máxima – S_{Hmax} .

Dados a partir de *breakouts*, mecanismos focais, imagens laterais de poços e estruturas de liquefação em rochas sedimentares. O quadrado vermelho indica a região de interesse deste estudo.

Na região da Bacia de Sergipe-Alagoas a principal fonte de dados é oriunda de breakout de poços de exploração de petróleo. Correspondem ao campo de esforços na bacia que é, em parte, distinto daquele identificado no embasamento (Reis *et al.*, 2014). A origem do campo de esforços na bacia é local. Exercido principalmente pela variação da topografia e densidade das rochas ao longo da margem continental. Já o embasamento acomoda o campo de esforços regional, que tem sua origem na interação entre o empurrão exercido pela subducção da placa de Nazca, a oeste, e pela expansão do assoalho marinho exercido pelo cordilheira meso-oceânica, a leste.

Fonte: Lima *et al.*, 2014

Legenda

WSM
breakout

mecanismo focal

NF

NS

SS

TF

TS

U

sismos

sismos_maceio

2015

2016

2018

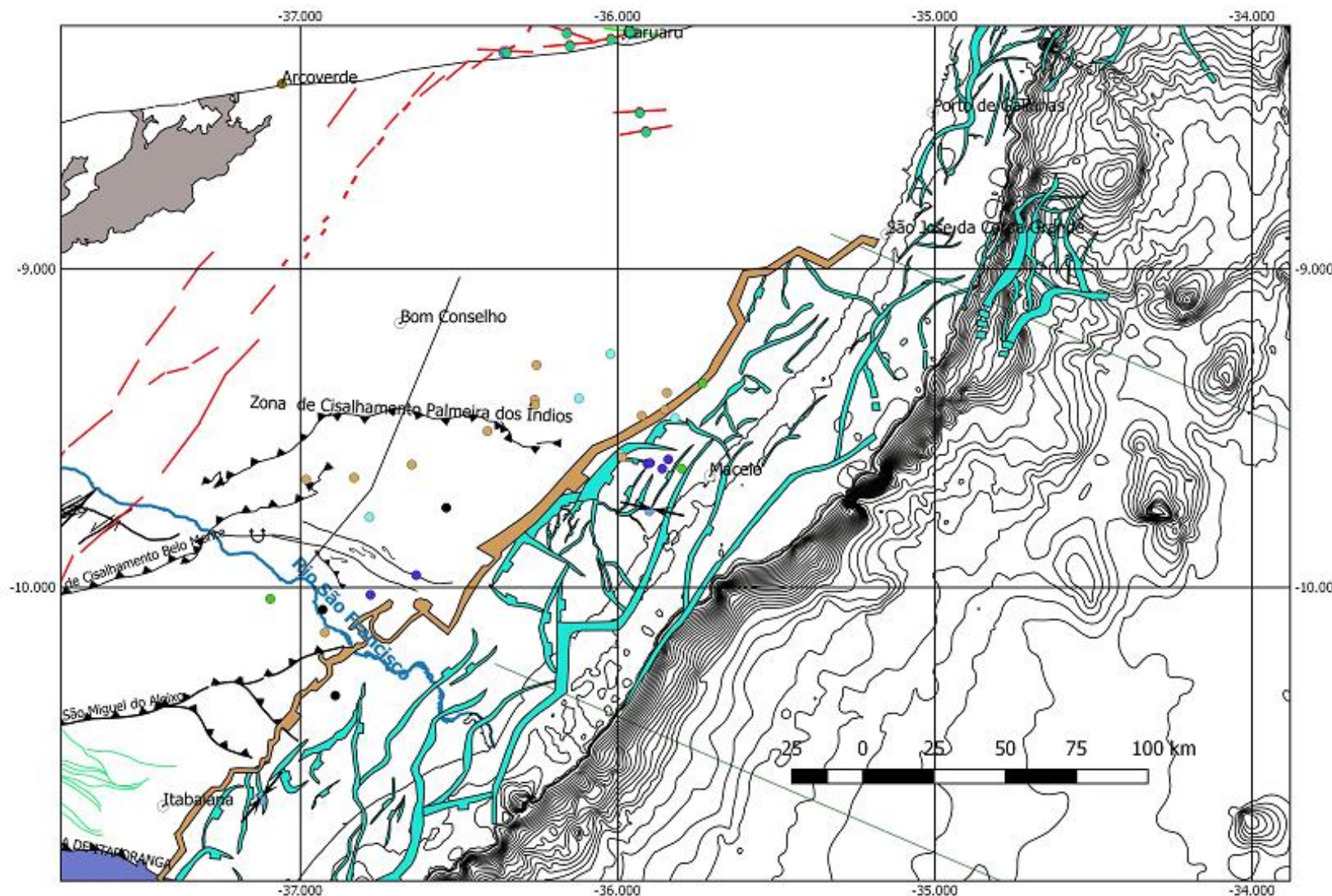
2019

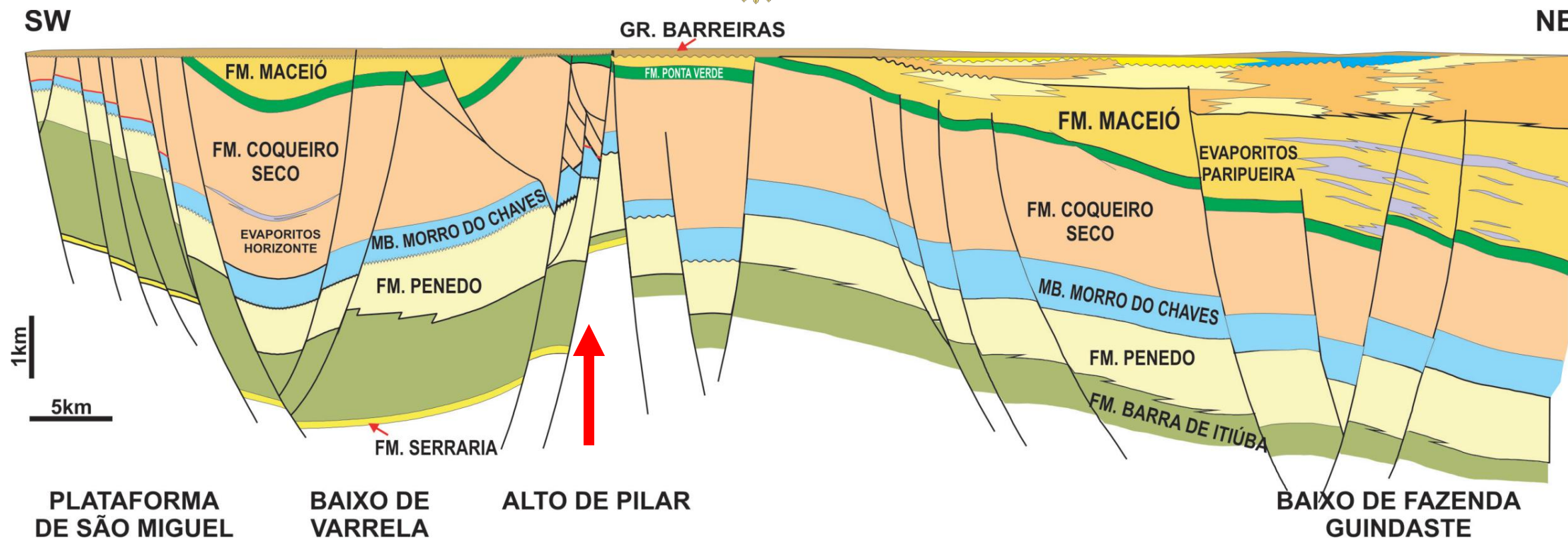
Diques de
Basalto
(Cretáceo)

Mapa estrutural da Sub-Bacia de Alagoas

Indicação das principais falhas da fase rifte, dos epicentros de terremotos e suas respectivas idades, além de dados de S_{hmax} oriundos do *World Stress Map*.

Não há mecanismos focais disponíveis para estes sismos, contudo pode-se observar que os mais novos estão mais próximos da Lagoa Mundaú, e estão aparentemente alinhados a um traço de falha de direção WNW-ESE, que corresponde a direção das falhas de alívio.

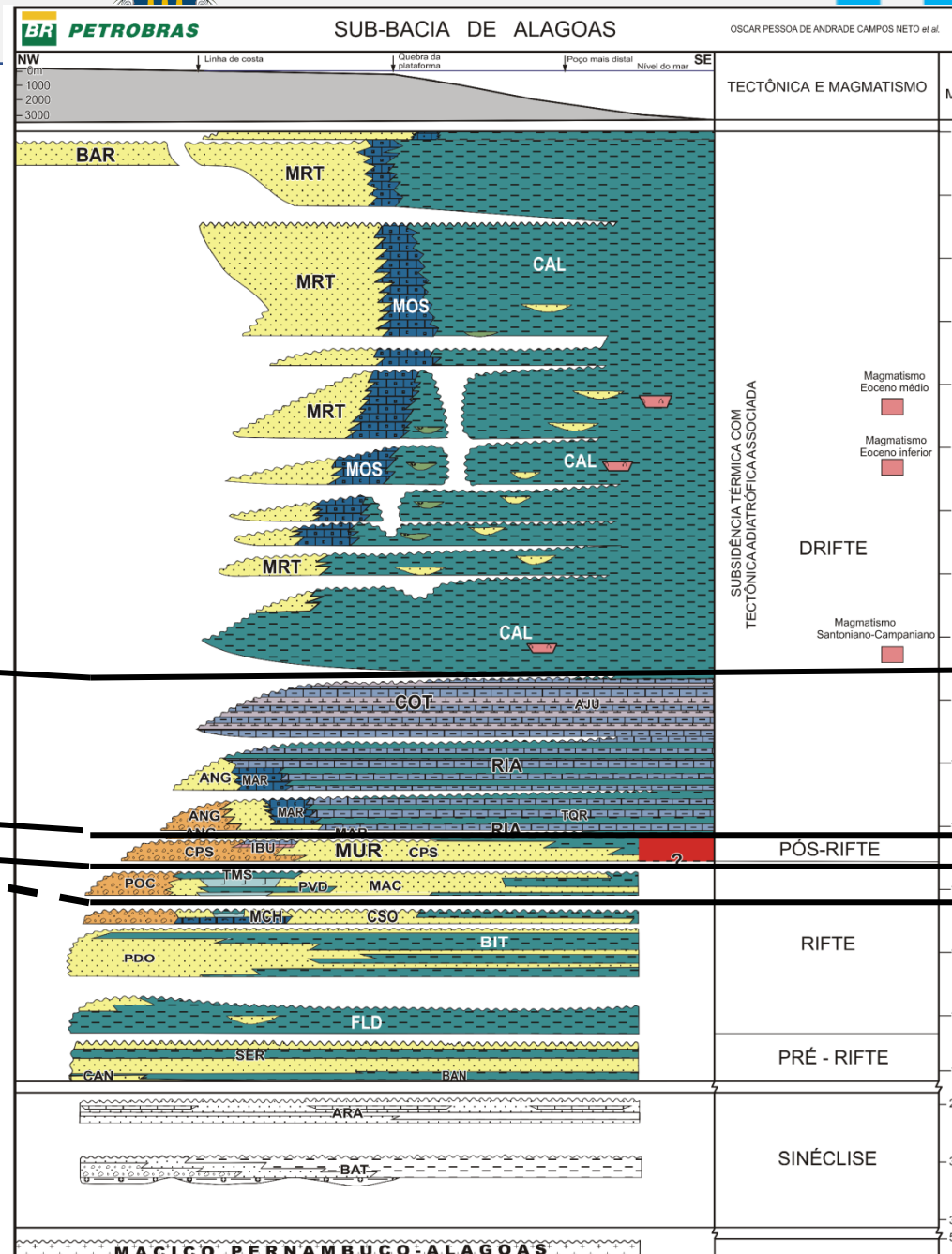
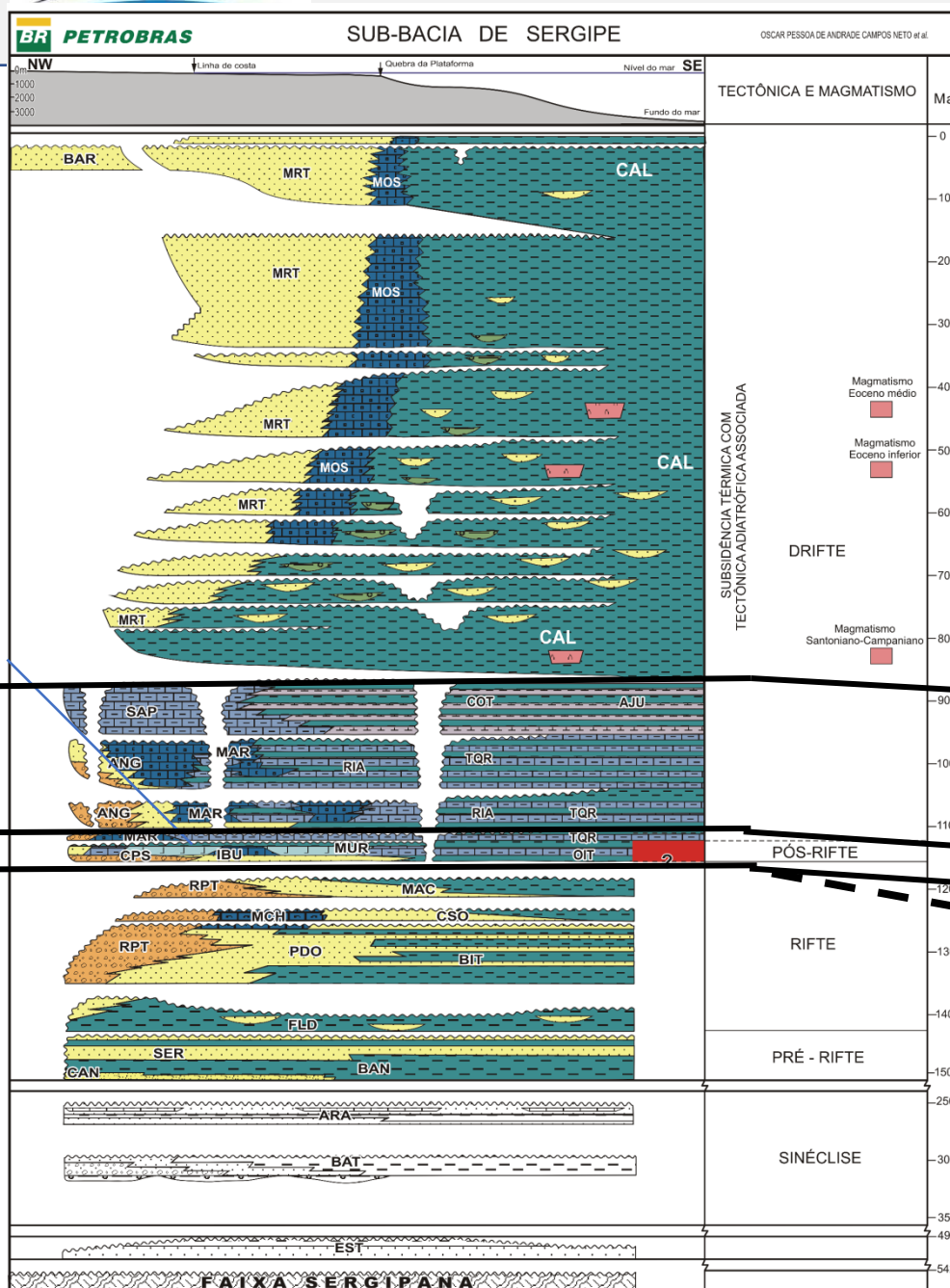




Seção geológica esquemática, *strike*, da porção terrestre da Sub-Bacia de Alagoas.

As principais feições observadas são as falhas de direção NW-SE, que correspondem às de alívio (Destro, 2002), que são as que condicionam os altos interbasinais e os depocentros da bacia, controlando o posicionamento estratigráfico distinto entre os evaporitos Horizonte e os evaporitos Paripueira, respectivamente abaixo e acima dos folhelhos da Formação Ponta Verde.

Fonte: Sal - Geologia e Tectônica, 2008 : 230-249



Cartas estratigráficas das sub-Bacias de Sergipe e Alagoas.

A sub-Bacia de Alagoas apresenta duas sequências contendo camadas evaporíticas.

Fonte: Neto *et al.*, 2007.

Estudo geológico da jazida de sal de Maceió (Braskem, 1989)

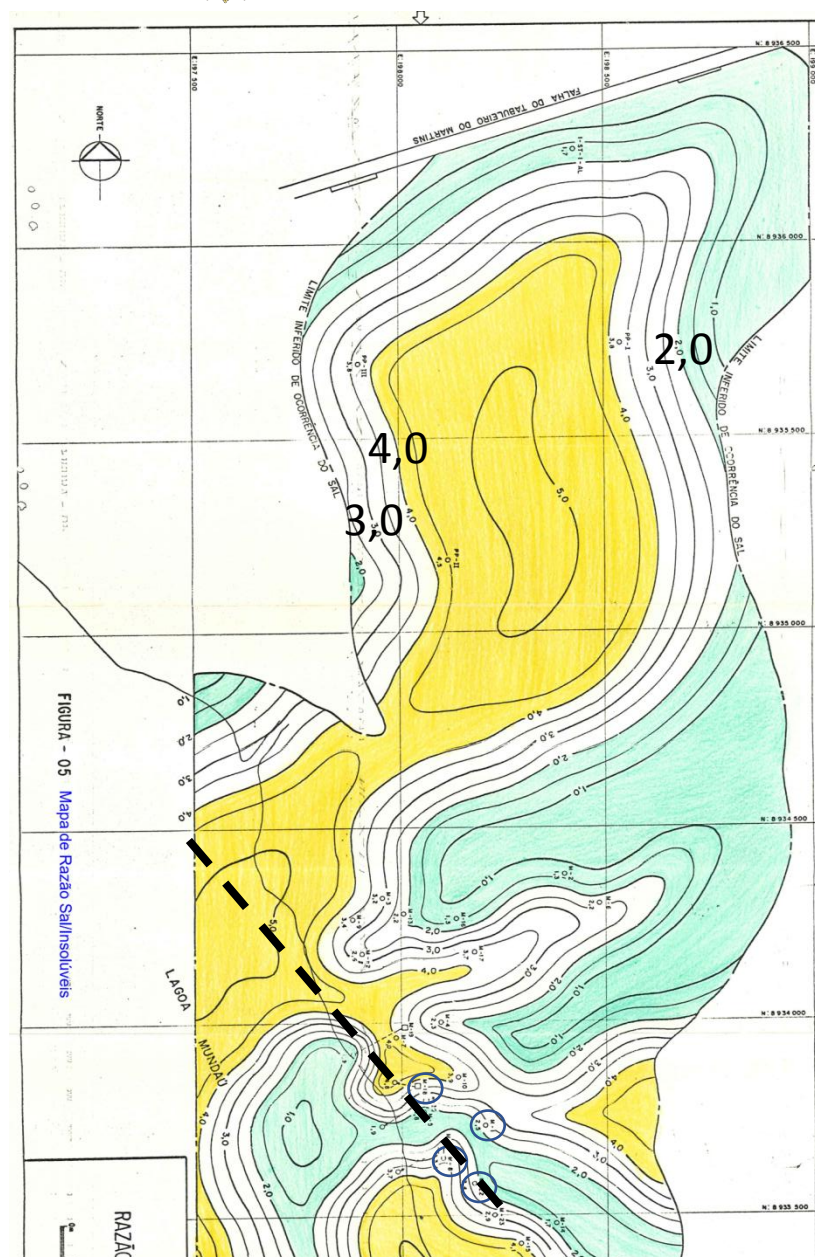
Mapas de contorno de:

- 1 – Razão Insolúveis/Sal
- 2- Isópacas de Sal
- 3- Contornos do topo do Sal
- 4- Mapa de insólitas do Sal

Será apresentado a seguir a análise deste conjunto de mapas, ambos realizados pela Braskem (1989).

Foi adicionado aos mapas uma linha tracejada de direção NW-SE. Esta direção foi mencionada pelos técnicos da Braskem (1989) quando analisando o mapa da Razão Insolúveis/Sal.

Como poderá ser visto nos próximos slides, esta direção é consistente em todos os mapas realizados pela Braskem (1989).



1. Razão Sal/Solúveis

Reflete a relação composicional do pacote entre rochas evaporíticas e terrígenas insolúveis. Quanto maior o valor, maior a quantidade de sal no poço.

O destaque deste mapa é a configuração de um corredor de elevado conteúdo de insolúveis de direção NW-SE.

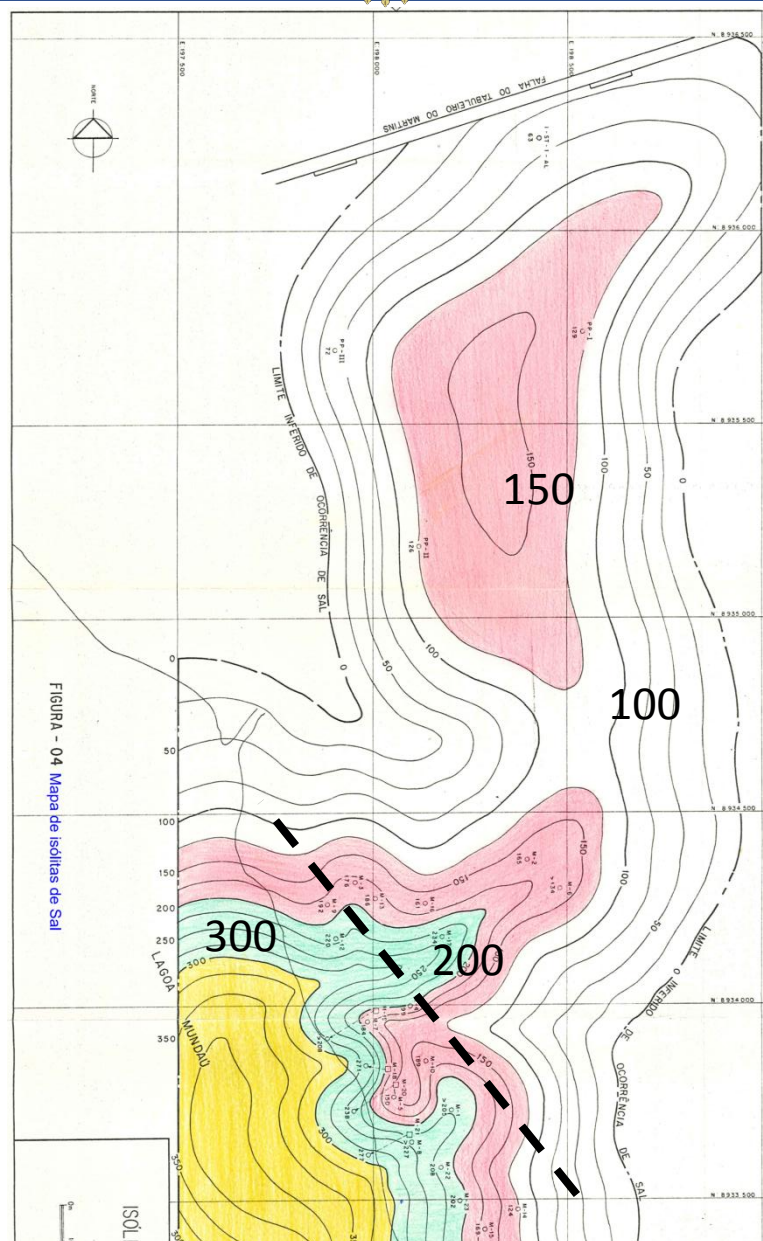


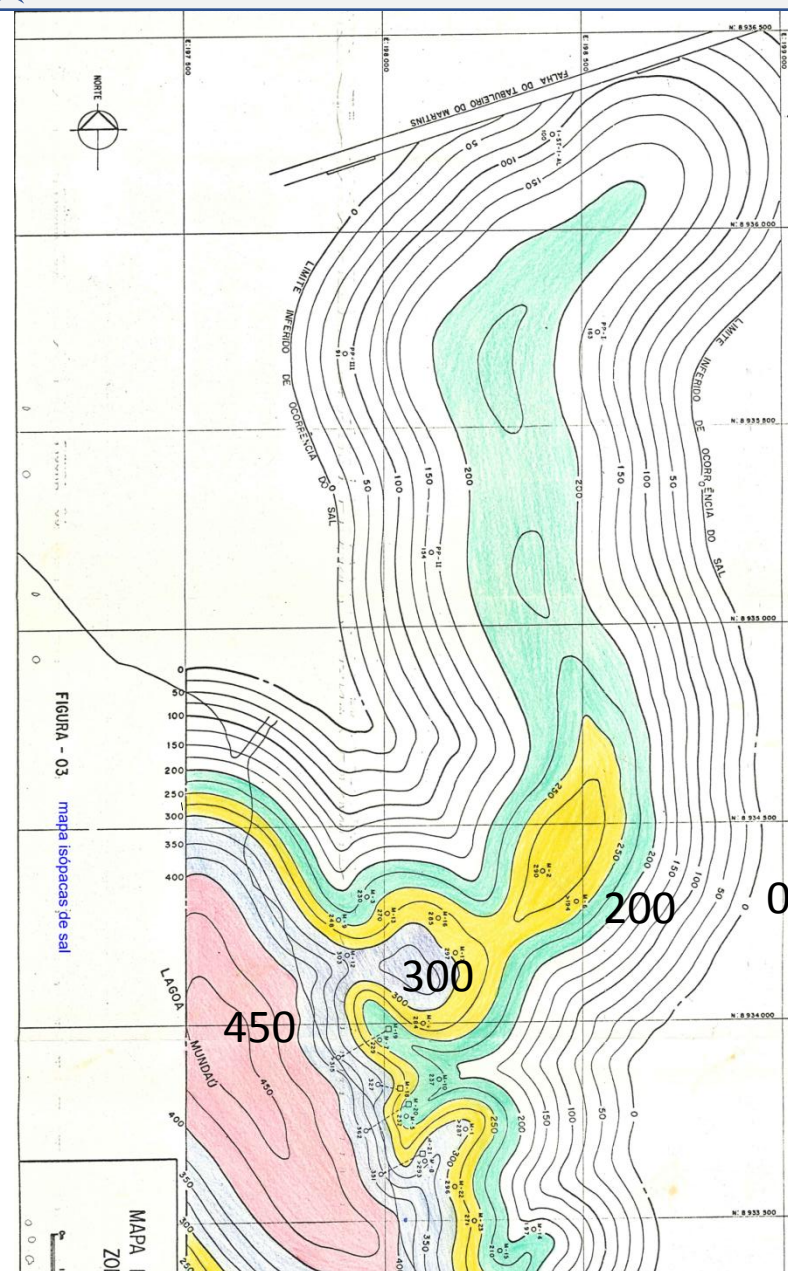
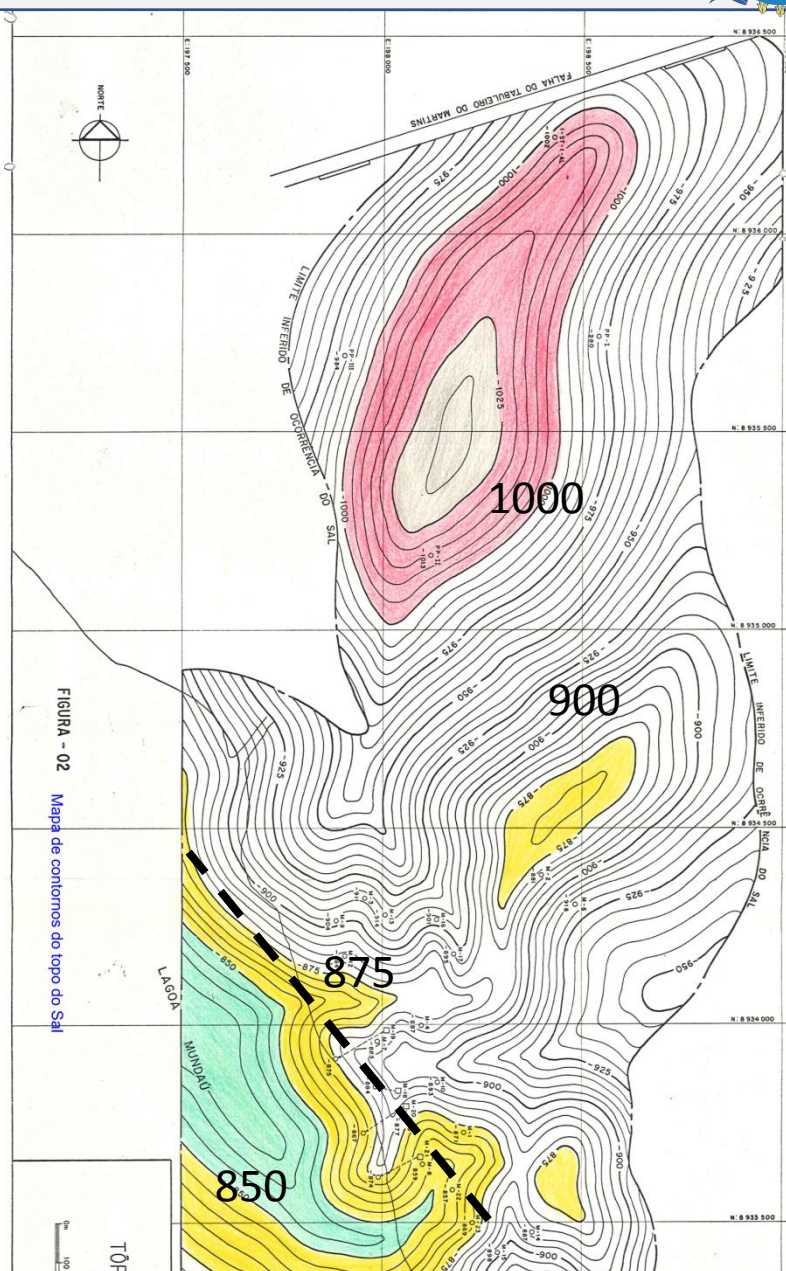
FIGURA - 04 Mapa de isópacas de Sal

Isólitais de sal

Espessura da camada de sal excetuando a porcentagem de outras litologias intercaladas. Reflete a configuração definida pelo mapa de isópacas.

Topo do sal

Não existe uma camada no topo do sal que seja comum a todos os poços. Ou seja, a deposição ocorreu de forma descontínua. Os pontos mais elevados se encontram dentro da lagoa, evidenciando restrição da bacia evaporítica.



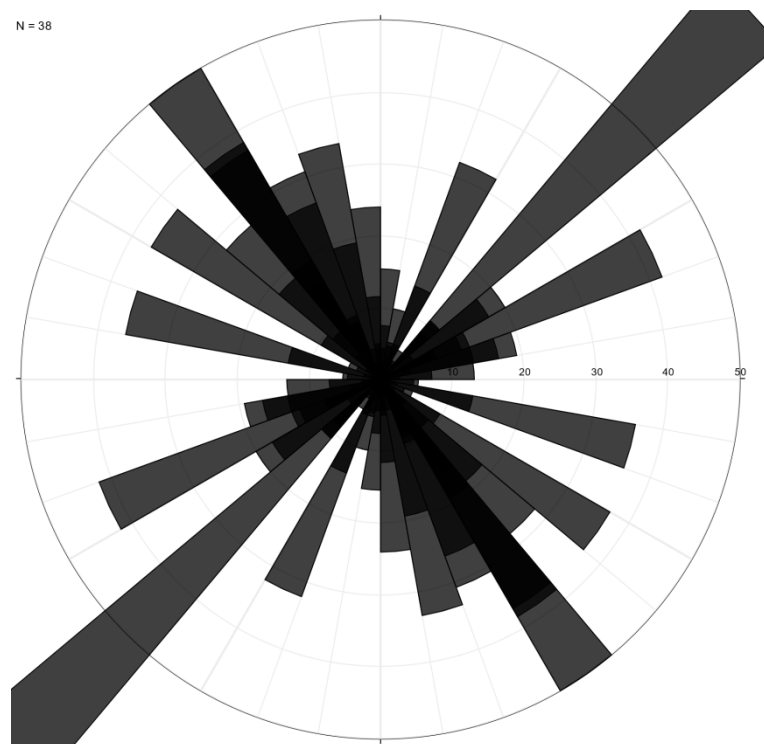
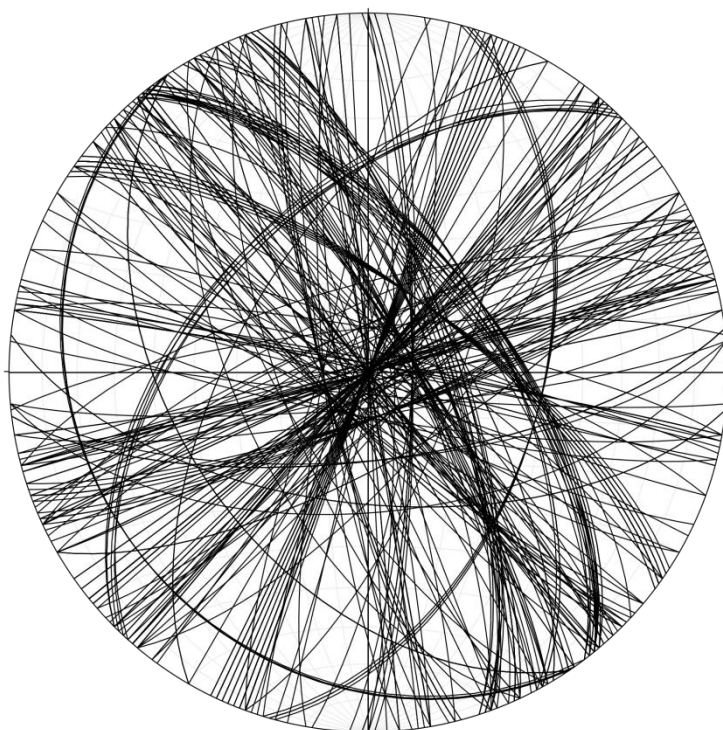
Isópacas de Sal

Reflete a espessura do pacote salífero. O pacote se espessa para sudoeste em direção a parte central da Lagoa Mundaú.

Dados estruturais

São apresentados, a partir deste slide, os dados de rachaduras, de juntas e de falhas coletados em campo, sendo primeiro descrito aqueles relacionados às áreas afetadas pelos afundamentos, na área urbana de Maceió, junto a Lagoa Mundaú. Dados de acamamento não foram discriminados na tabela de dados, contudo, os planos de baixo ângulo de mergulho se referem a estas superfícies de descontinuidade.

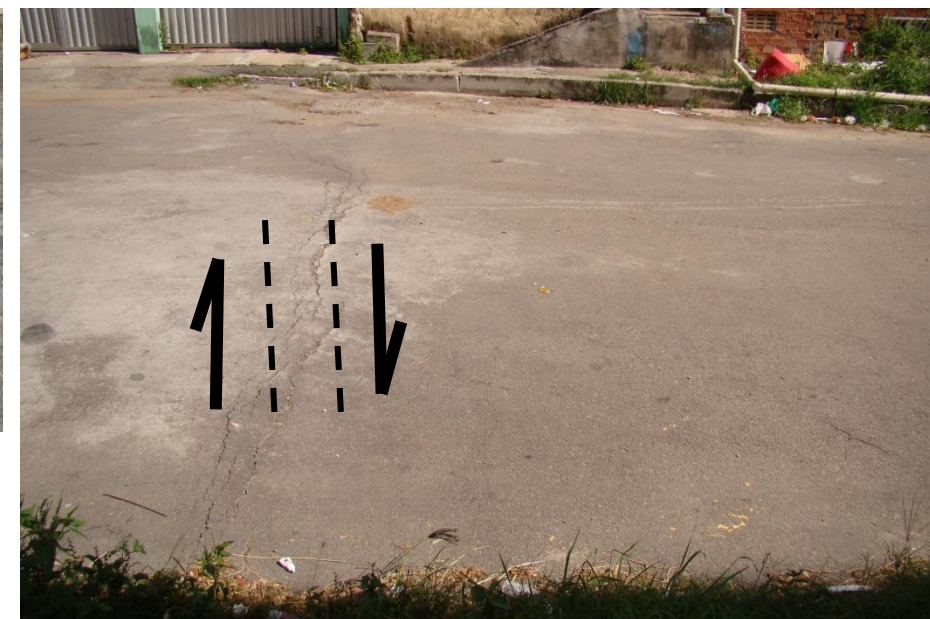
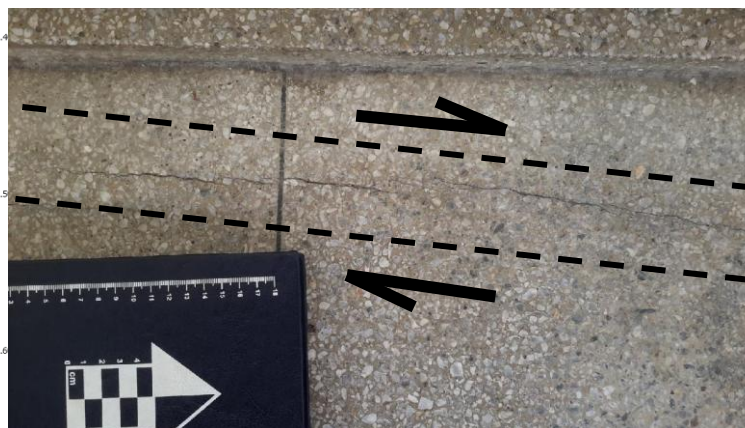
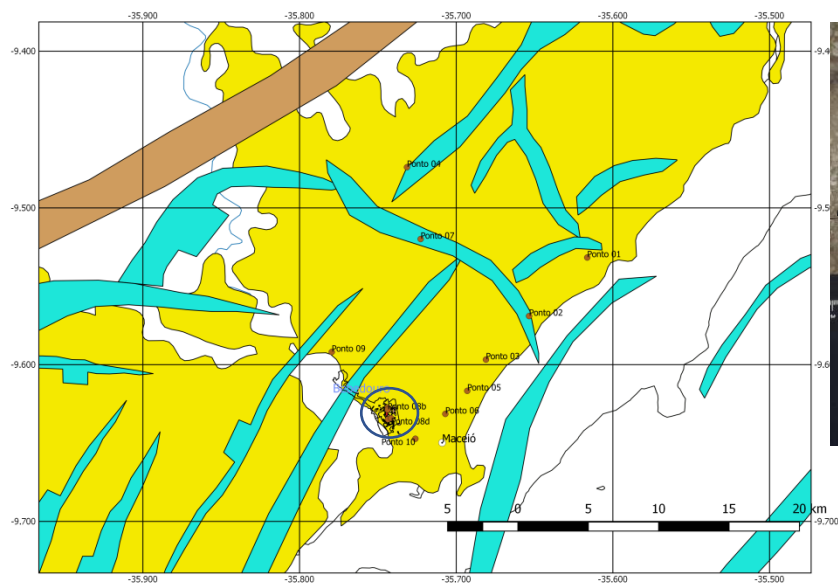
Notar que há concentração nas direções NE-SW e NW-SE, as quais se referem às falhas paralelas às falhas de borda da bacia e suas respectivas falhas de alívio ou de transferência.



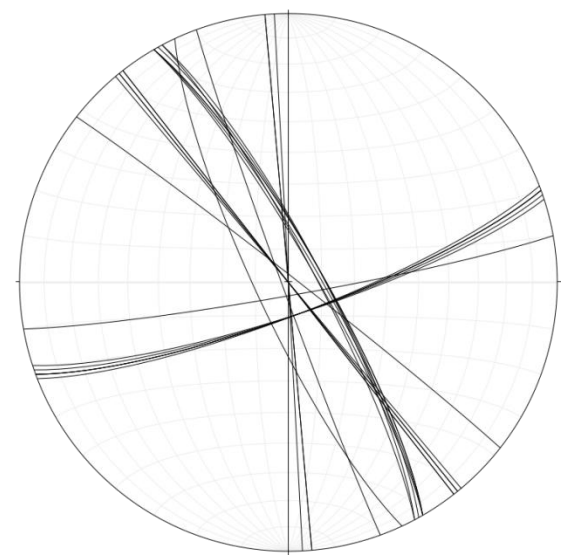
A análise do estereograma e da roseta, ao lado, mostra concentração de estruturas nas direções NE-SW, NW-SE e, subordinadamente, na direção NNW-SSE.

A análise do estereograma indica que há persistência de alto ângulo de mergulho em todas as direções, com variações esporádicas para mergulhos menores ou igual a 60° nas direções NE-SW e NW-SE.

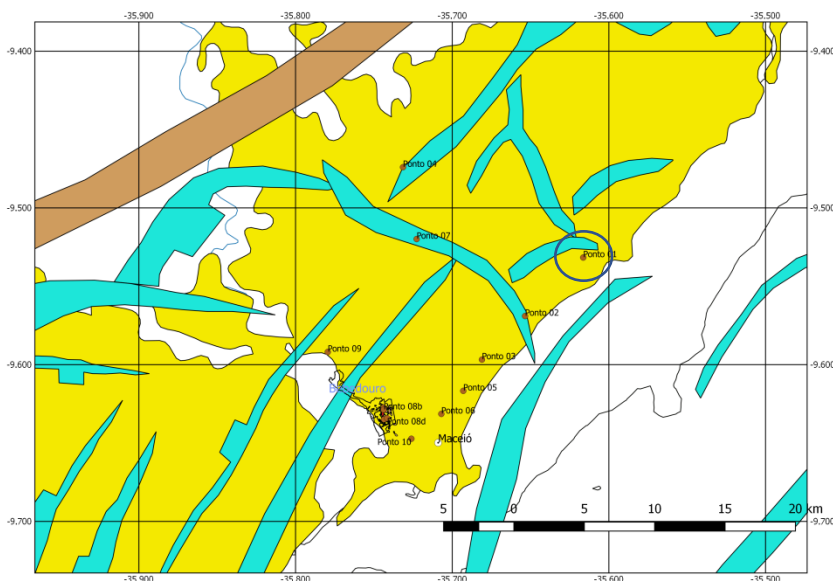
Afloramento 8 – Rachaduras em feições culturais (ruas e casas)



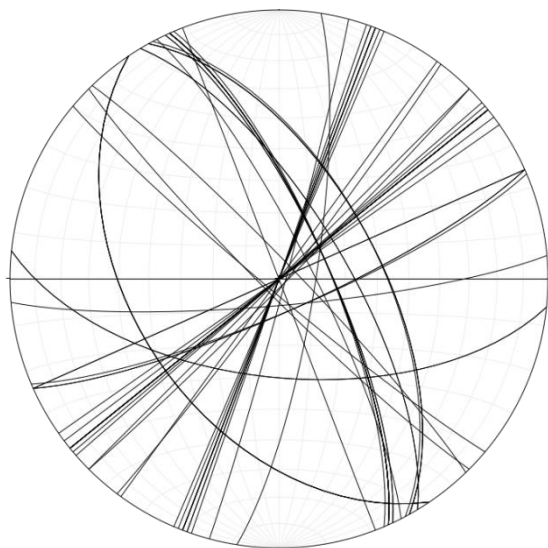
A análise conjunta do estereograma e das fotos de campo indica que há três famílias de fraturas. O mais abundante com direção NW-SE e mergulhos altos a verticais. O segundo N-S com mergulhos verticais e deslocamento destal. O terceiro tem direção WSW-ENE e mergulhos altos a verticais.



Afloramento 1

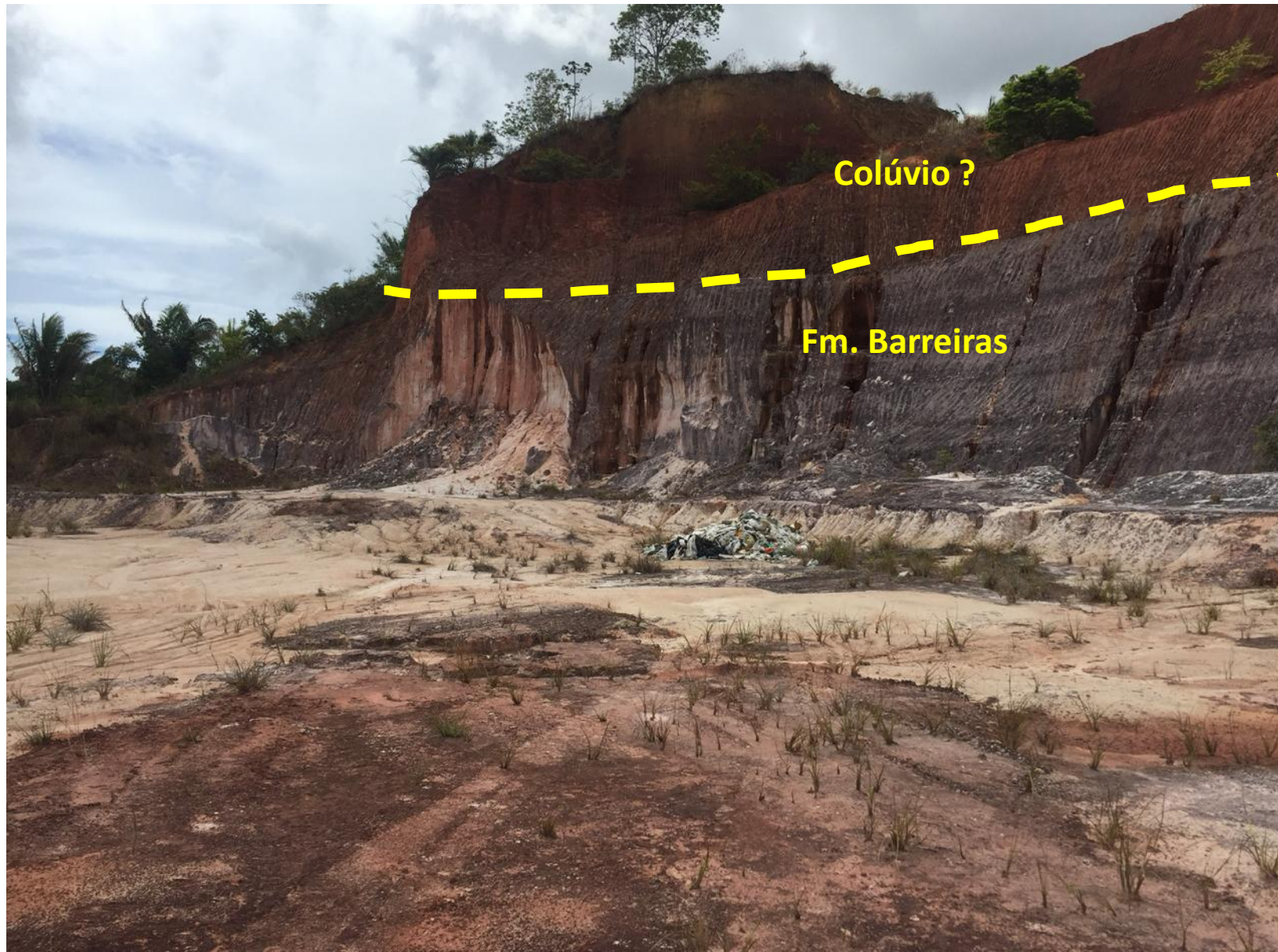


Fraturas em arranjo em X de Hancock (1985). Há deslocamento aparente das fraturas. Considerando que é uma rocha sedimentar, esta configuração sugere atividade tectônica pós deposicional.



Estereograma apresentando planos de fraturas. É possível distinguir 3 famílias de fraturas. NW-SE com mergulhos intermediários para NE e SW; NW-SE com mergulhos altos, famílias de fraturas conjugadas com direção variando entre NNW-SSE a WNW-ESSE configurando fraturas de cisalhamento com sigma 1 horizontal a NE-SW.

Afloramento 4

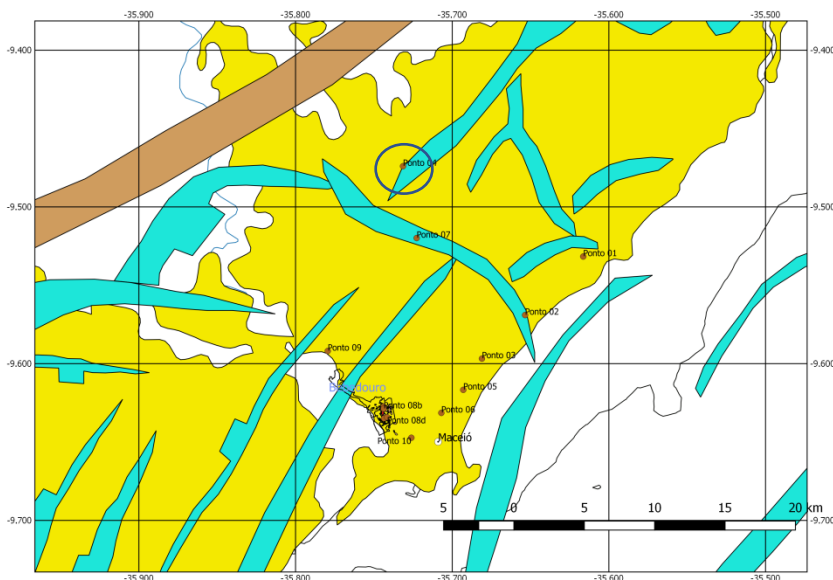


Visão geral do afloramento. Foi marcado na foto o contato da Grupo Barreiras com a camada de colúvio superior.

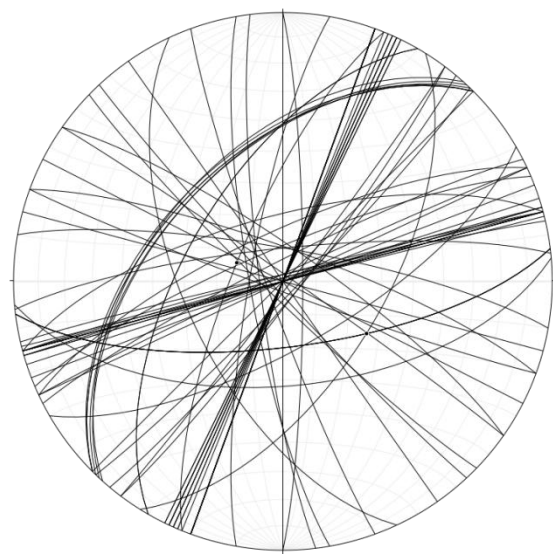
Os planos de fratura que afetam o Grupo Barreiras apresentam maior grau de intemperismo que na camada de colúvio.

Sugere que houve atividade tectônica pós-deposicional.

Afloramento 4



O afloramento apresenta alto grau de fraturamento. Estruturas com indicação de movimento tem direção NE-SW.

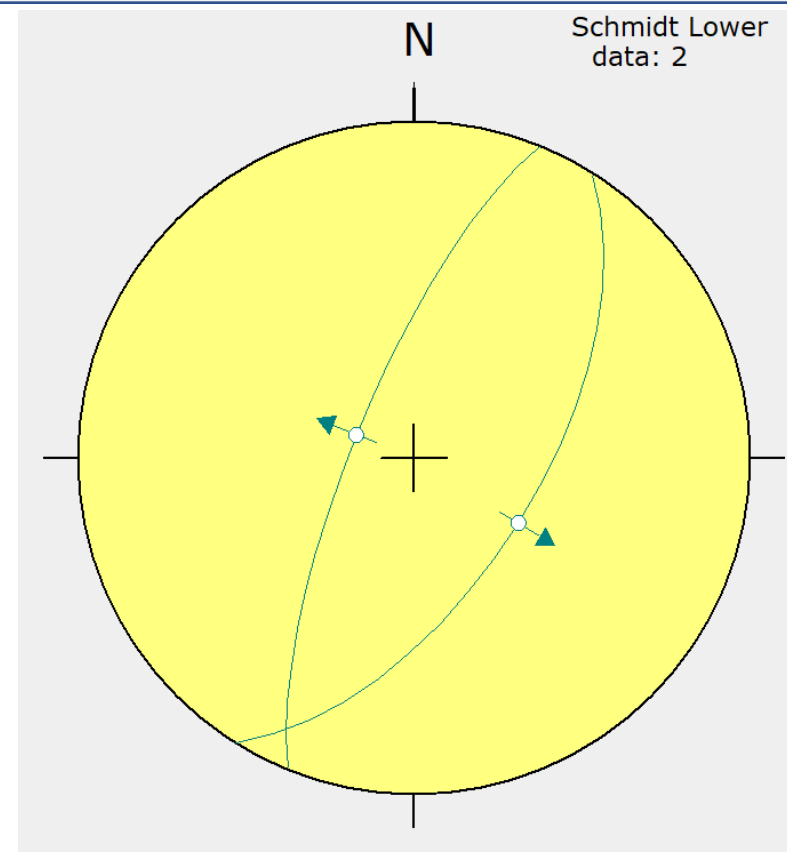


Apresenta famílias de fraturas na direção NW-SE com mergulhos altos a verticais, NE-SW com mergulhos intermediários para os quadrantes, NE-SW a ENE-WSW com mergulhos altos a intermediários e N-S com mergulhos altos a verticais.

Afloramento 4



A esquerda, foto mostrando falha com estria *downdip* afetando a formação Barreiras. A seta aponta direção e sentido da estria. A direita, estereograma apresentando a atitude dos planos e estrias relacionados a esta falha.



Falhas conjugadas de direção NE-SW com mergulho intermediário para os quadrantes NW e SE, tem formação compatível com uma distensão de direção NW-SE.

Afloramento 10

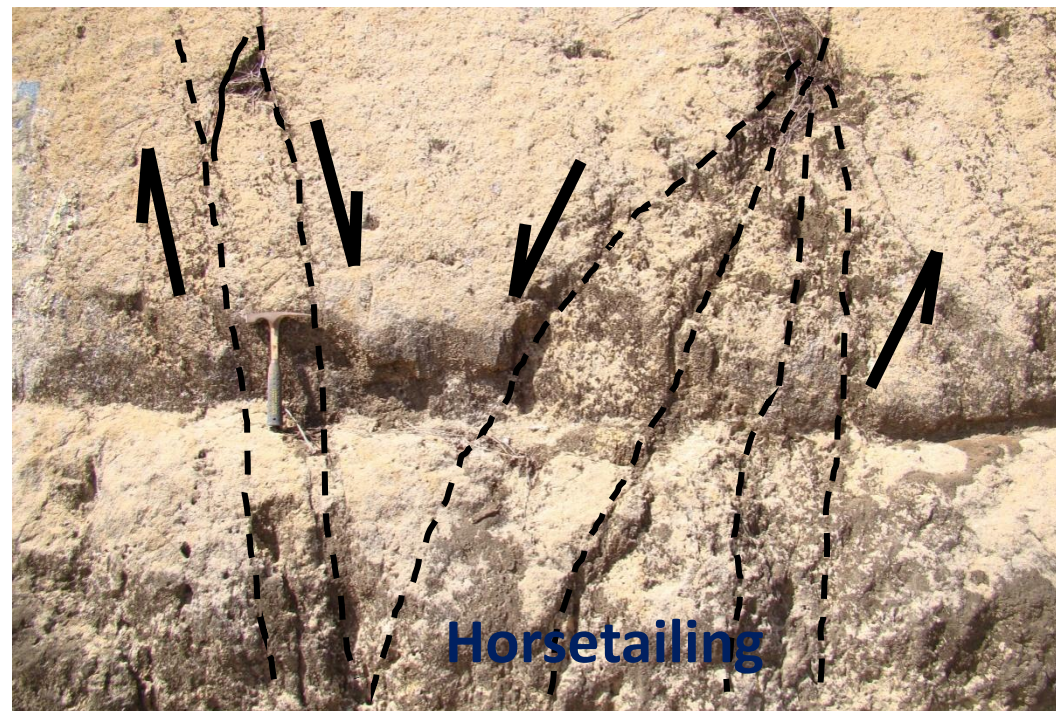
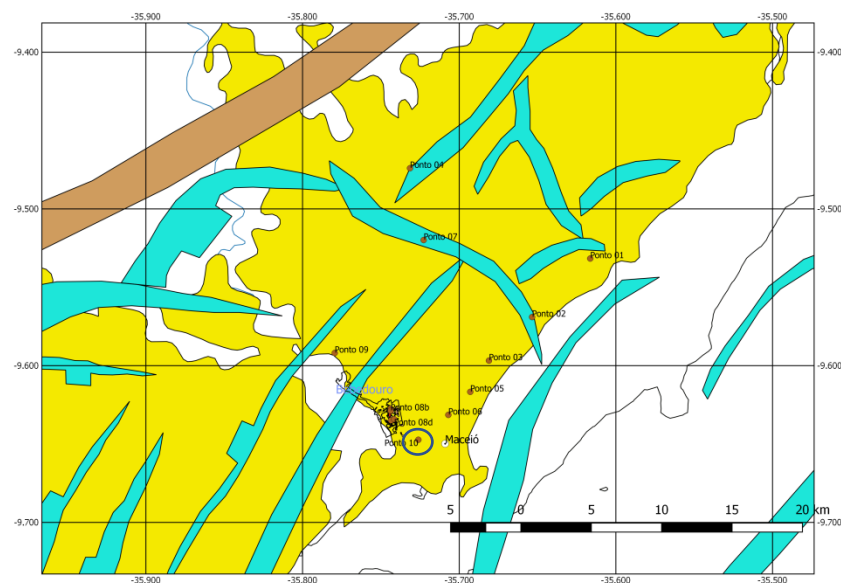
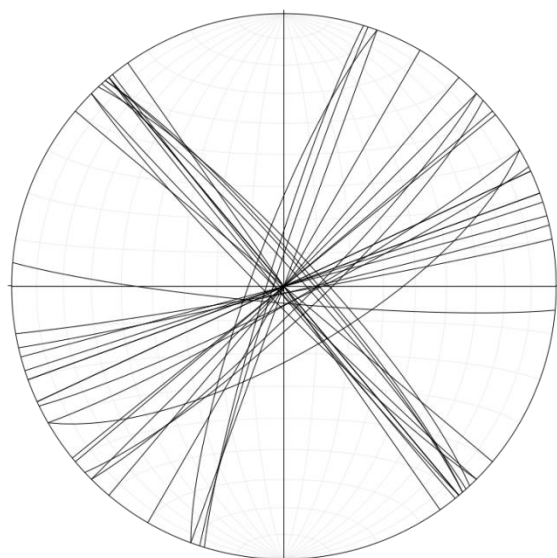
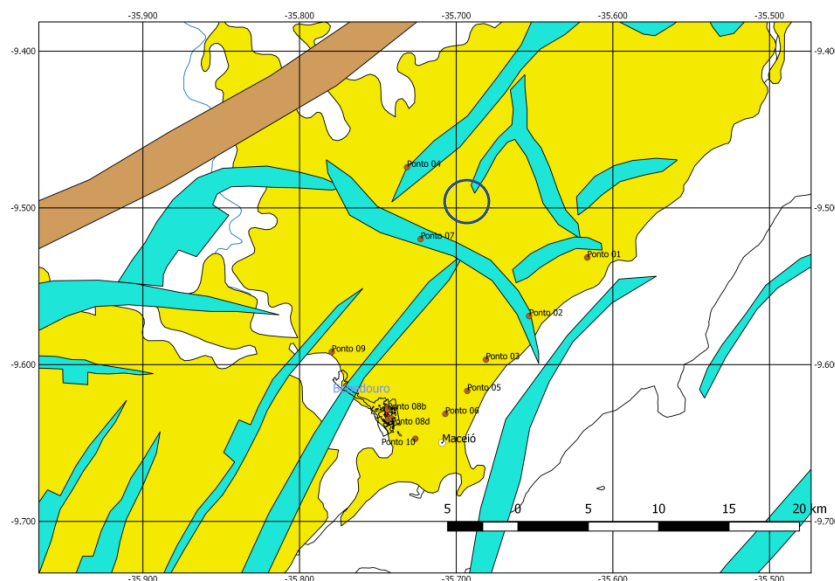


Foto do afloramento. A análise da imagem indica que há duas famílias de fraturas. A primeira tem movimentação destal inferida pela presença de fraturas paralelas à direção T (Hancock, 1985). O segundo tem movimentação normal, com componente sinistral inferida pelo arranjo em *Horsetailing* (Fossen, 2010).

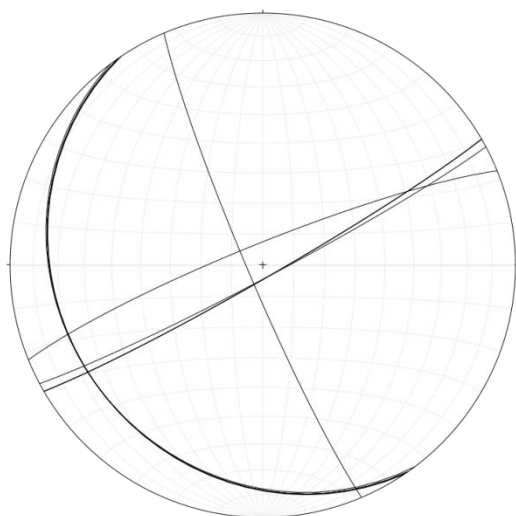
Duas famílias de fraturas. A primeira de direção NW-SE, caracterizado por fraturas com pouca variação no strike e mergulhos altos a verticais, caracterizando juntas tectônicas. O segundo é caracterizado por arranjo em *splay* (Fossen, 2010) com direção variando entre NNE-SSW a E-W.



Afloramento 6

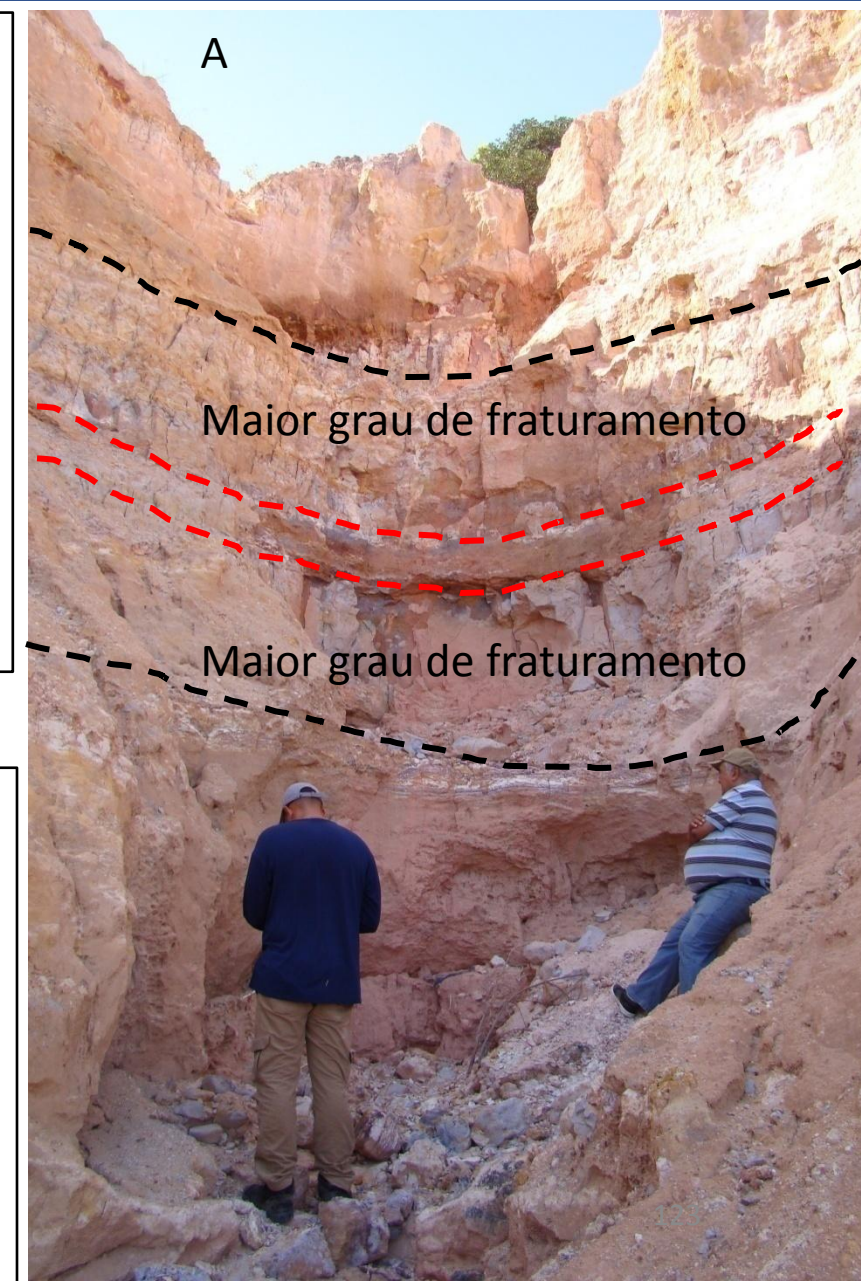


B

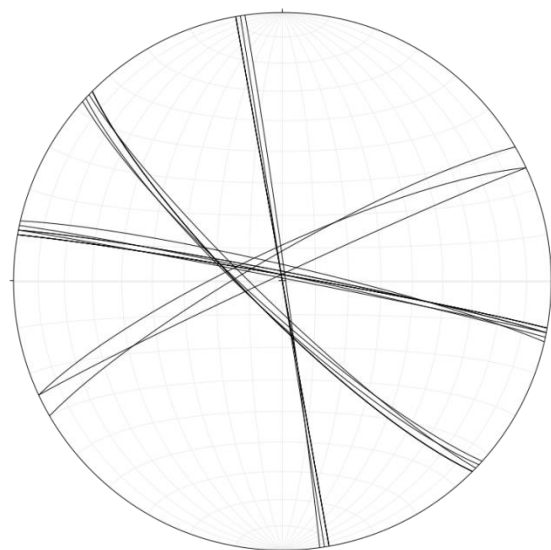
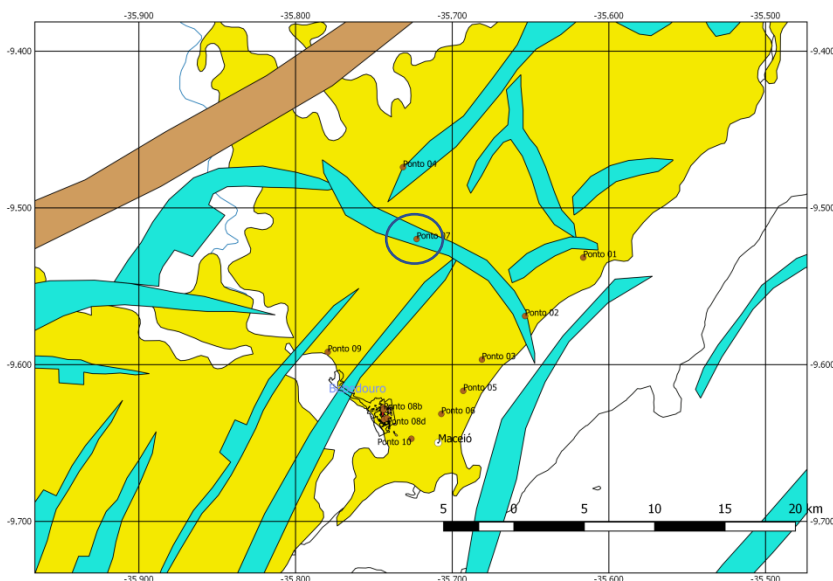


A - O afloramento apresenta-se com alto grau de fraturamento. A variação de competência da rocha cria zonas horizontais de maior e menor fraturamento vertical. A camada em vermelho apresenta-se menos fraturada.

B - Estereograma de planos de fratura e de acamamento. A medida de menor ângulo de mergulho se refere ao adenarmento para SW da camada rica em laterita. Apresenta duas famílias de fraturas. Planos de fratura de direção NE-SW com alto ângulo de mergulho para ambos quadrantes. O segundo de direção NNW-SSE.



Afloramento 7



Considerando a relação entre a direção e o mergulho dos planos interpretou-se que há dois sistemas de pares fraturas obliquas. Ou seja, dois eventos deformacionais com sigma 1 próximo a horizontal, um na direção NW-SE, e o segundo com sigma 1 próximo a horizontal na direção WNW-ESE.

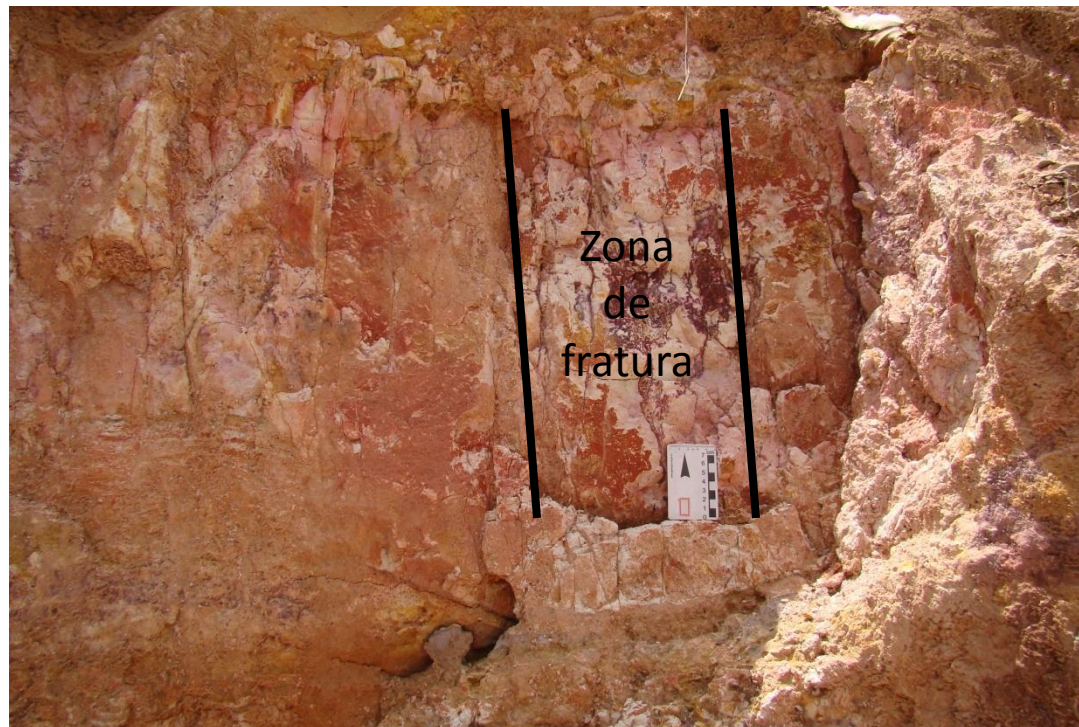
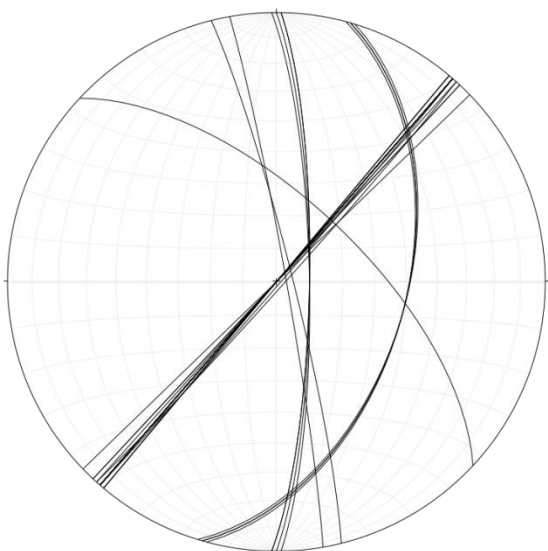
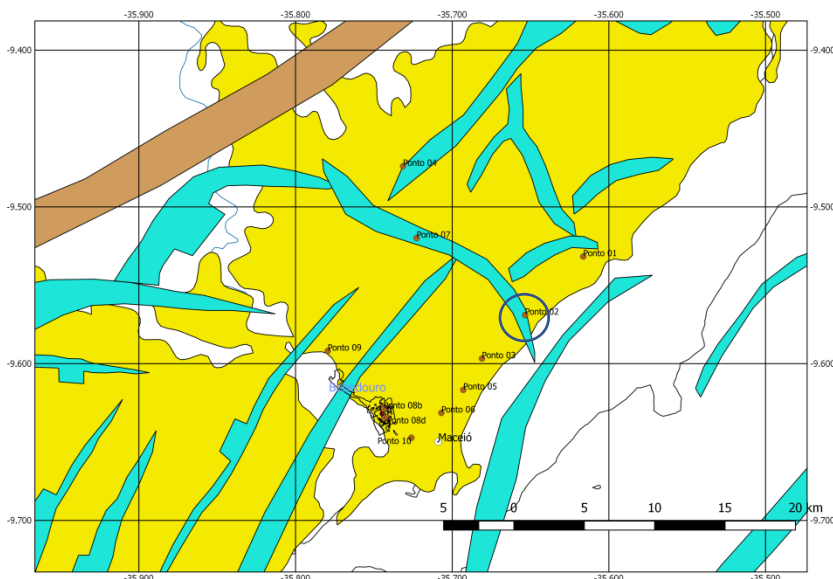


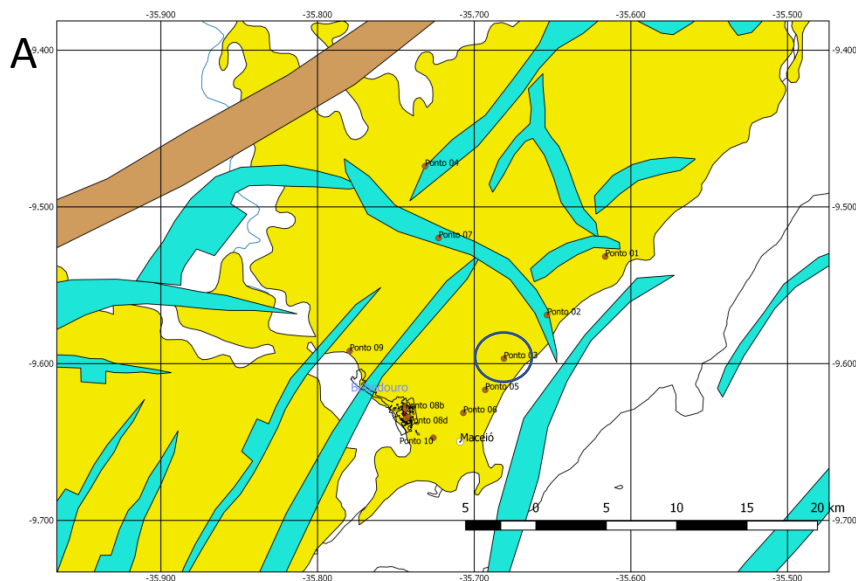
Foto em semi-detalhe do afloramento. Apresenta-se pouco fraturado, porém é possível distinguir dois conjuntos evidentes de fraturas. O primeiro paralelo ortogonal ao plano de corte do talude, o segundo ortogonal. O segundo set apresenta-se em zonas de fratura.

Afloramento 2

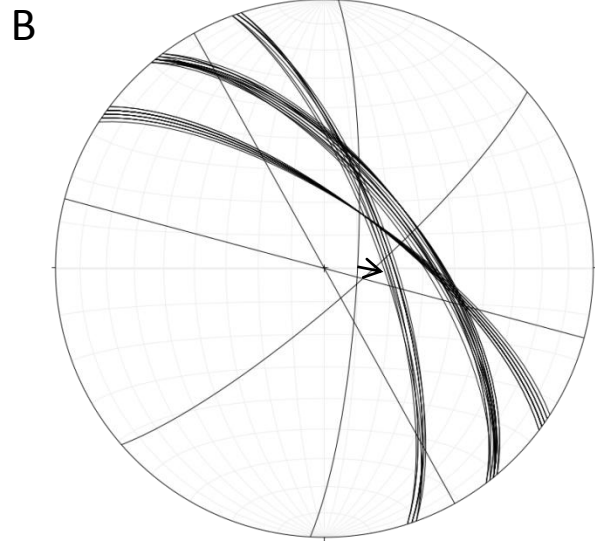


A variação de direção e mergulho dos planos sugere pelo menos duas famílias de fraturas. NNW-SSE a N-S com alto ângulo de mergulho. NE-SW com mergulhos altos. Ainda que com pouca expressão ocorrem fraturas na direção NW-SE com mergulho intermediário a alto para NE.

Afloramento 3

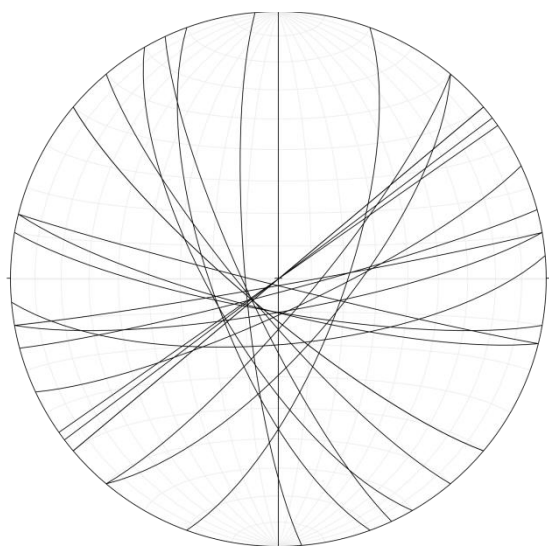
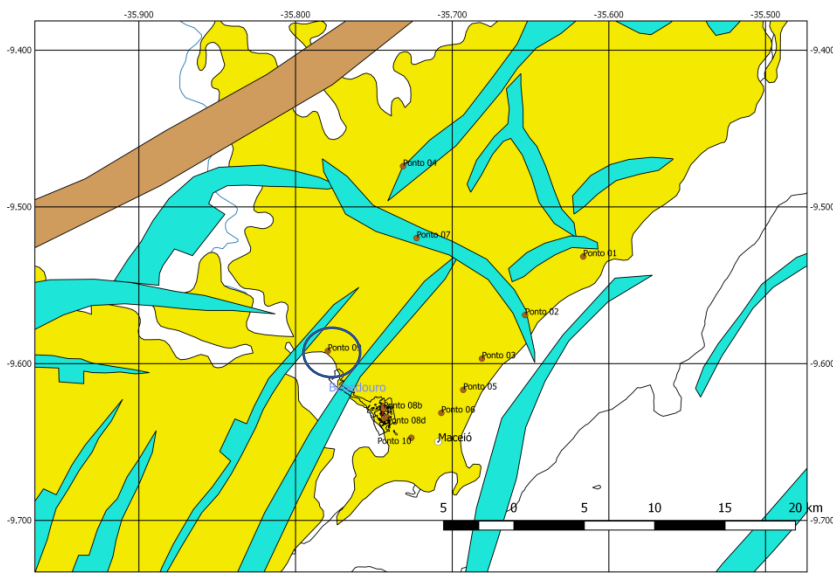


C) Detalhe do
afloramento



Estereograma de medidas de falhas e fraturas. Notar que o plano N-S apresenta estria *downdip*. A análise dos dados indica que há duas famílias de fraturas. NNW-SSE a NW-SE com mergulho intermediário para o quadrante NE. N-S com mergulho alto para leste e estria *downdip*. Subordinadamente ocorrem fraturas nas direções NE-SW com mergulho alto para SE e WNW-ESSE com mergulho alto para SW.

Afloramento 9



A análise da imagem indica que o afloramento é deformado por diferentes direções de zonas de fratura compatíveis para pelo menos dois eventos tectônicos. O movimento foi inferido pela presença de fraturas escalonadas e deslocamento de fraturas pretéritas.

A análise indica família de fraturas de direção NW-SE com mergulhos altos a intermediários para SW. Família de fraturas de direção NE-SW com mergulhos altos a intermediários para SE. família de fraturas com direção entre NE-SW a WNW-ESE com mergulhos altos a verticais.

Conclusões parciais

A análise dos dados indicou que a formação Barreiras foi deformada por pelo menos três eventos distintos. A indicação de cronologia entre eles não foi possível estabelecer com os dados disponíveis.

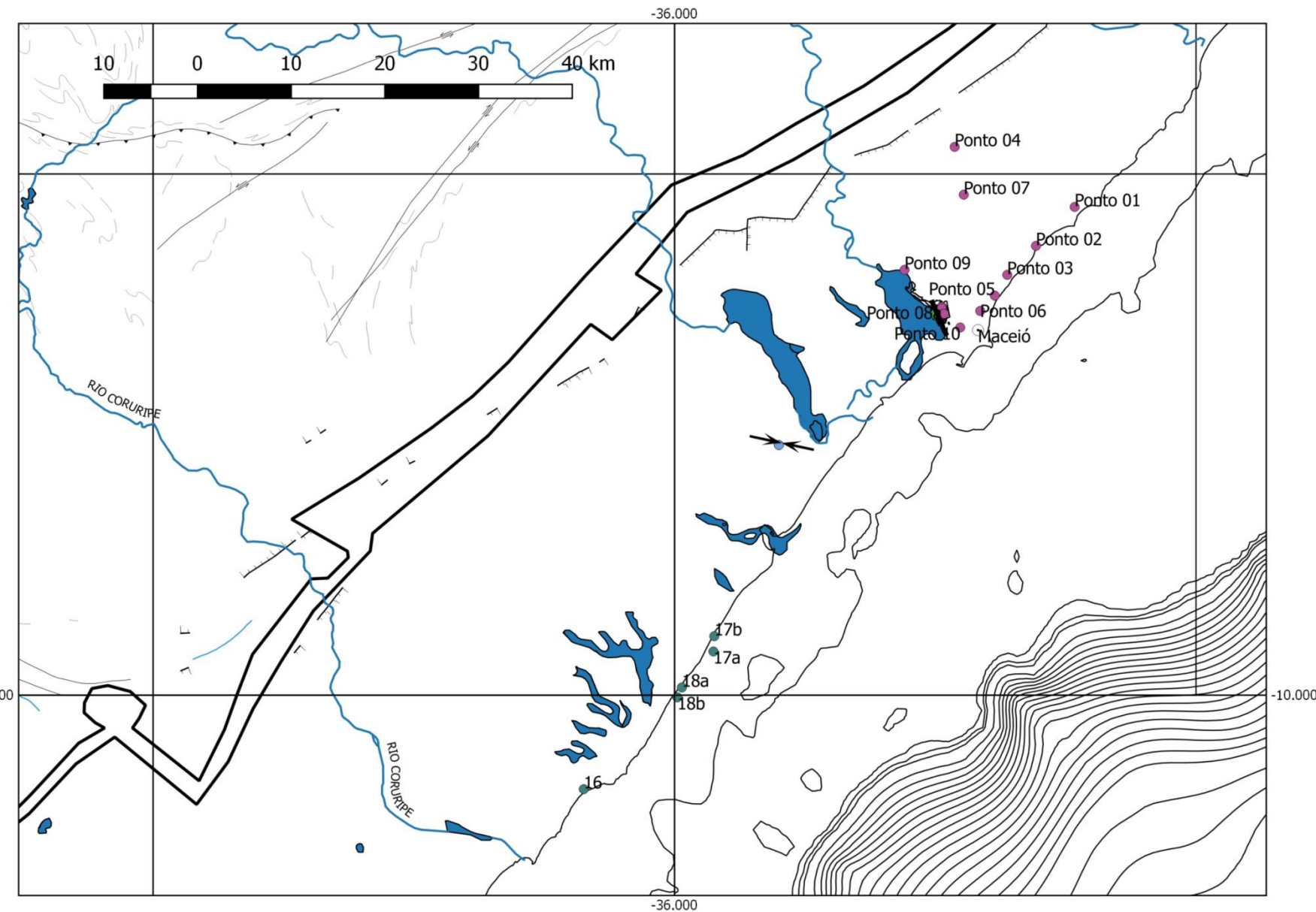
O primeiro está relacionado às zonas de fratura reconhecida em diversos afloramentos (1, 9 e 10), a qual apresenta arranjo geométrico em X de Hancock (1985).

O segundo pode estar relacionado a formação de falhas normais de direção N-S, como observado no ponto 3. O terceiro foi descrito no ponto 4, e é representado por falhas normais de direção NE-SW.

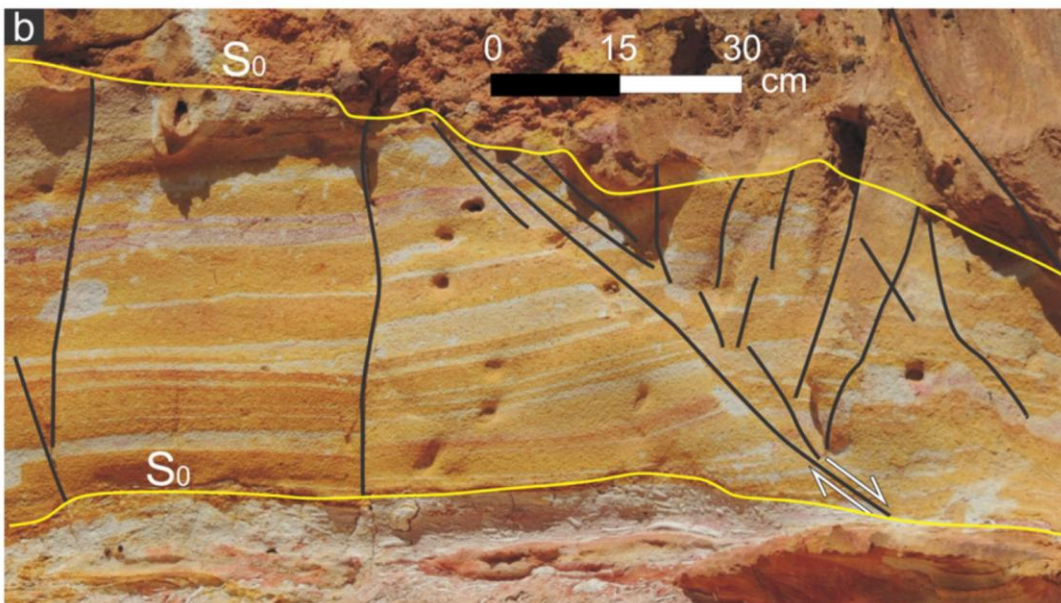
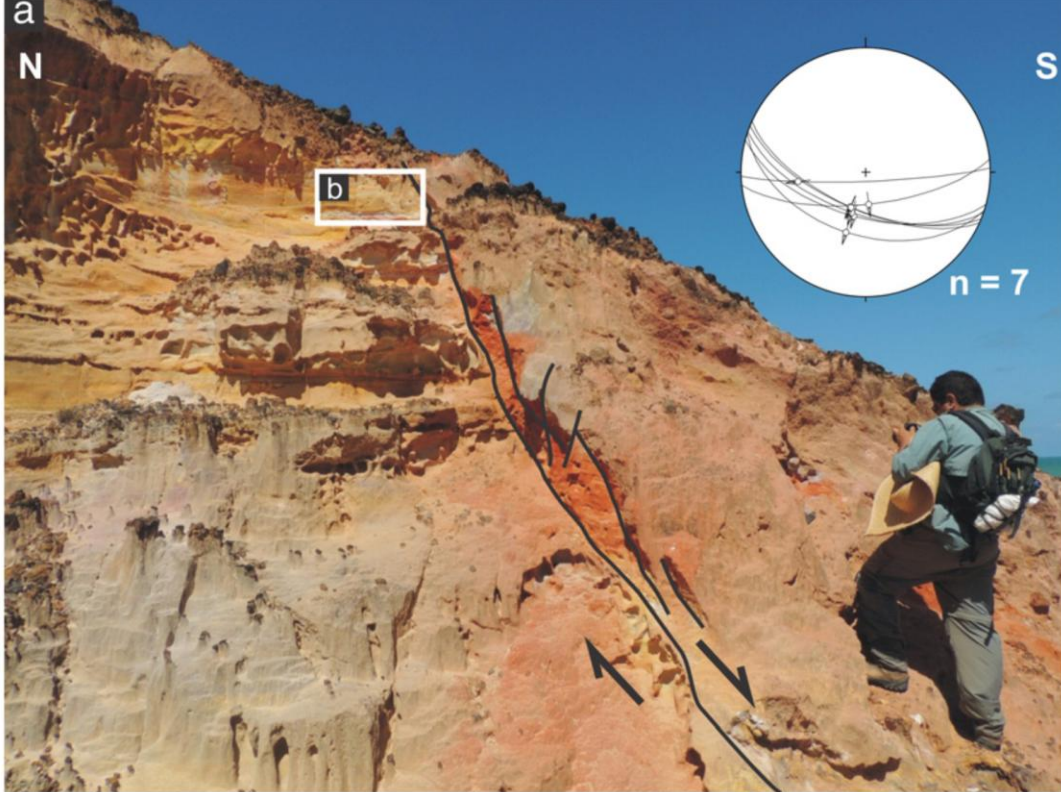
Estruturas Neotectônicas Aflorantes na Sub-Bacia de Alagoas

Segundo Lima *et al.*, 2014, CPRM, 2020 e
Correia Filho *et al.*, 2020

.



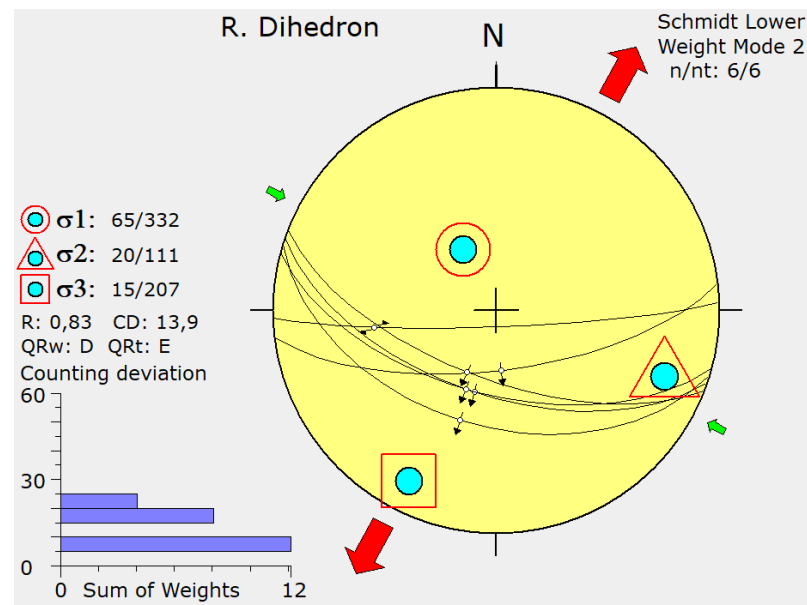
- Lima *et al.*, 2014
- CPRM 2020



Afloramento 18. Lima et al., 2014

Falhas normais cortando o Grupo Barreiras.

- a) Falha normal mostrando deslocamento na Fm. Barreiras e seu respectivo estereograma com as medidas de falhas normais e estrias.
- b) Camadas sedimentares falhadas sobre a Fm. Barreiras, a qual é delimitada no topo e na base por camadas menos deformadas, Indicando deformação sin-deposicional no Grupo Barreiras (Lima et al., 2014).



Falhas normais WNW-ESE a E-W formadas pela combinação entre Sigma 1 vertical com $R=0,83$ indica que este conjunto foi formado por paleocampo transtensivo.

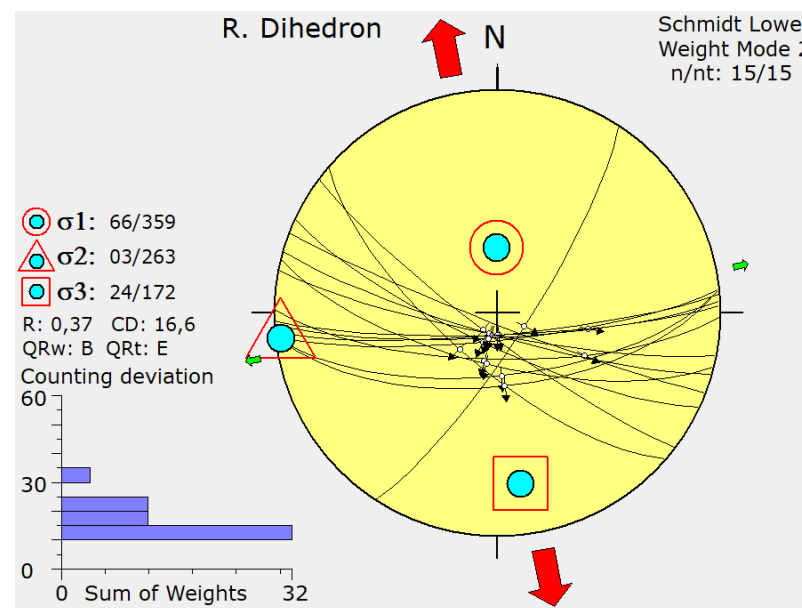
O índices $QRw=D$ $QRt=E$ $CD=13,9$ indicam que estes resultados são de qualidade moderada a ruim (Delvaux & Sperner, 2003).



SERVIÇO GEOLÓGICO
DO BRASIL - CPRM

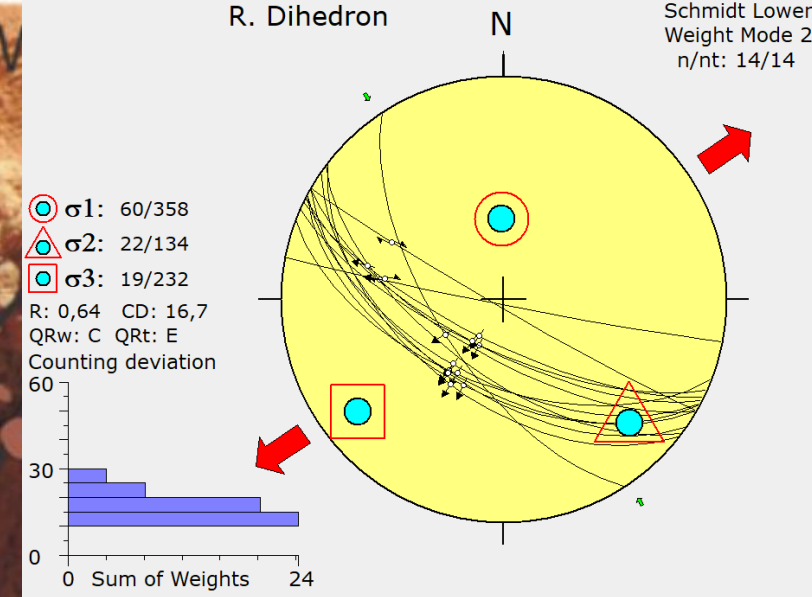
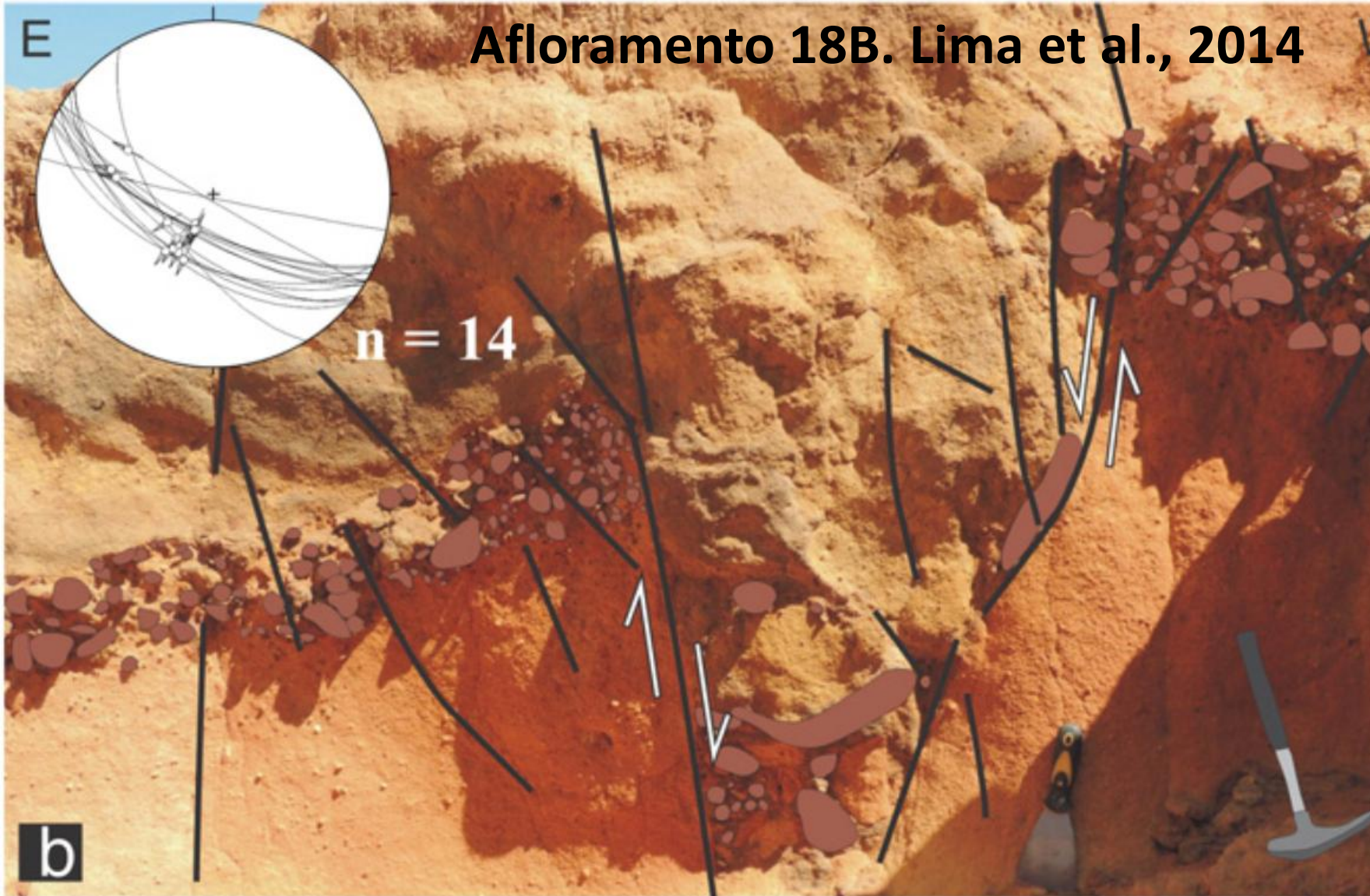
Afloramento 17B. Lima et al., 2014

Falha deslocando o Grupo Barreiras com preenchimento de fragmentos de laterita. A linha tracejada marca o contato entre o Grupo Barreiras e a Unidade dffd (leques aluviais). Esta unidade não foi deslocada por esta falha, sugerindo reativação após o desenvolvimento do solo laterítico no Barreiras, mas antes da deposição da Unidade dffd (leques aluviais). O estereograma apresenta a orientação das falhas normais a transtensionais medidas neste afloramento (Lima et al., 2014).



Falhas normais NW-SE a E-W formadas pela combinação entre Sigma 1 vertical com $R=0,37$ indica que este conjunto foi formado por paleocampo extensivo puro. O índices $QRw=B$ $QRt=E$ $CD=16,6$ indicam que estes resultados são de qualidade boa a ótima (Delvaux & Sperner, 2003).

Afloramento 18B. Lima et al., 2014

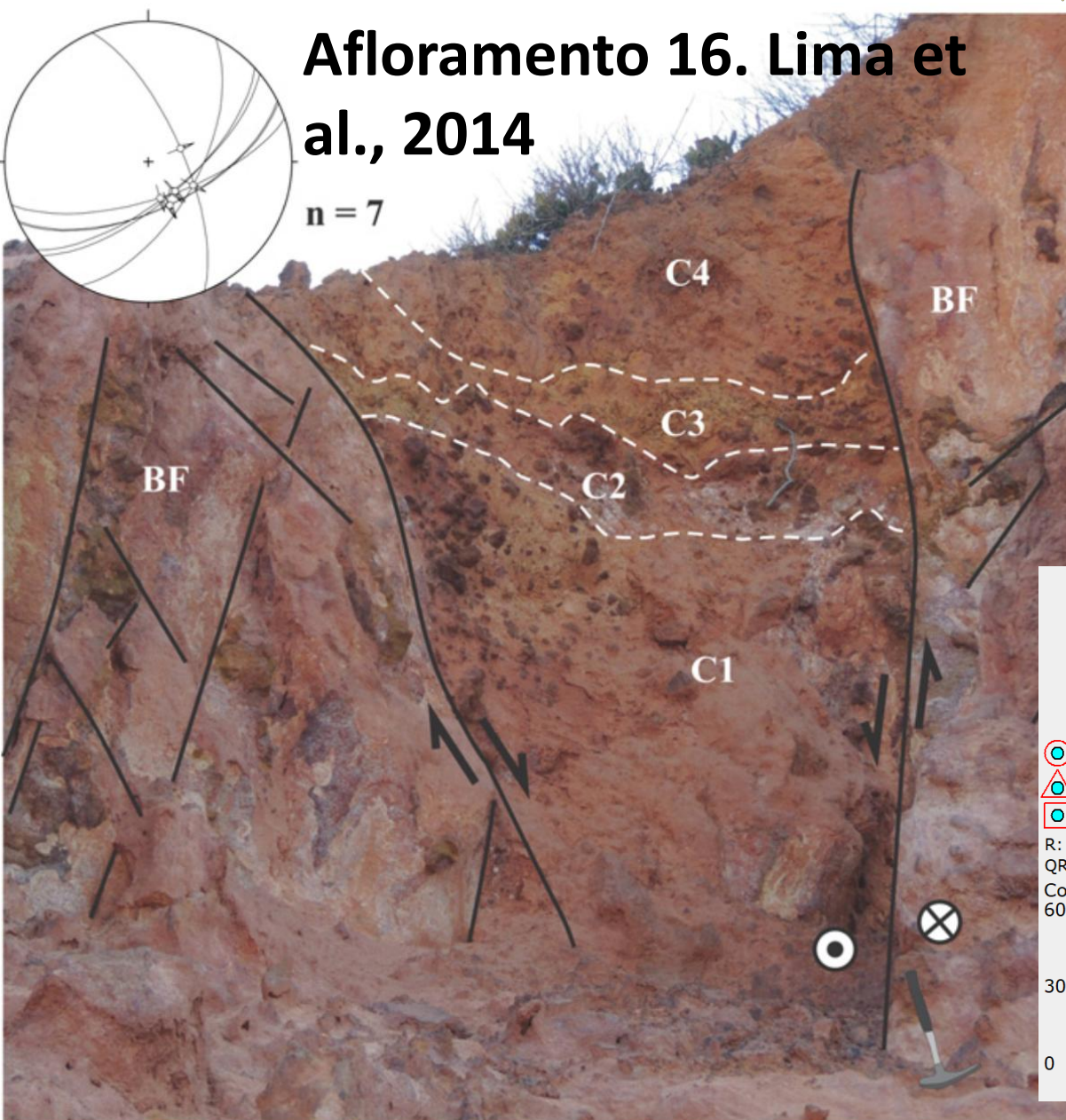


Falhas normais NW-SE a WNW-ESE formadas pela combinação entre Sigma 1 vertical com $R=0,64$ indica que este conjunto foi formado por paleocampo extensivo puro. O índices $QRw=C$ $QRT=E$ $CD=16,7$ indicam que estes resultados são de qualidade boa (Delvaux & Sperner, 2003).

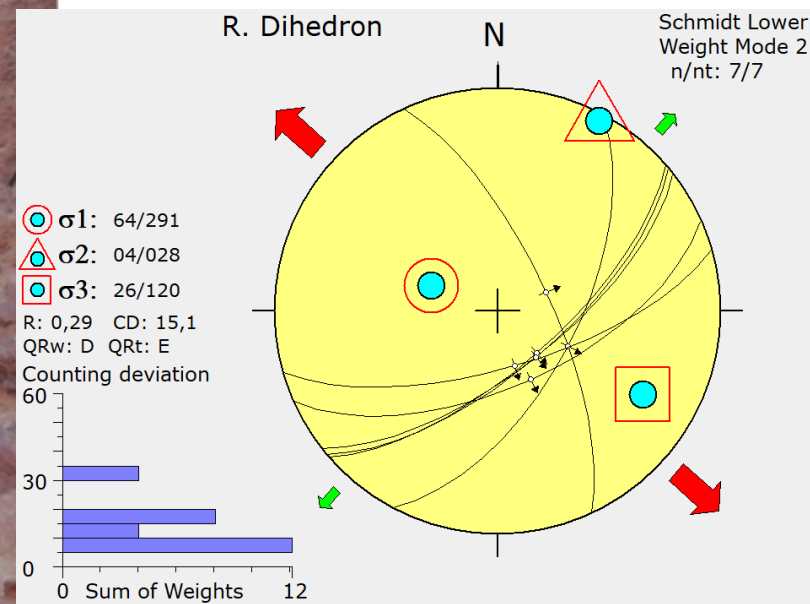
Pequena estrutura em graben que desloca a unidade dffd e desloca uma camada contendo clastos de laterita (Lima et al., 2014).

Afloramento 16. Lima et al., 2014

n = 7



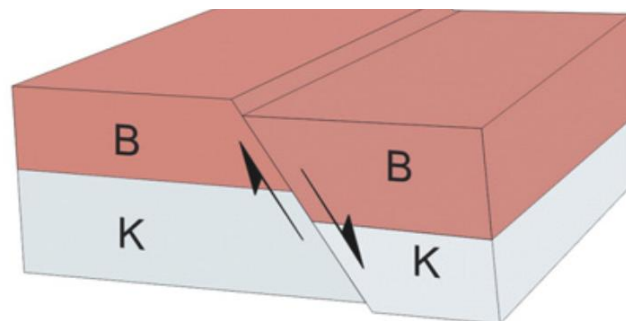
Estrutura em graben no Grupo Barreiras. O sistema de fraturas conjugadas na lapa também é consistente com falhamento normal. Os símbolos no canto inferior esquerdo indicam componente sinistral. O bloco falhado foi sobreposto por sedimentos derivados da Fm. Barreiras e solos lateríticos associados. Unidades C1, C2, C3 e C4 são preenchimentos quaternários com clastos de laterita, o que indica pelo menos quatro fases de reativação. O último preenchimento é controlado por falha que desloca solo, indicando atividade tectônica recente.



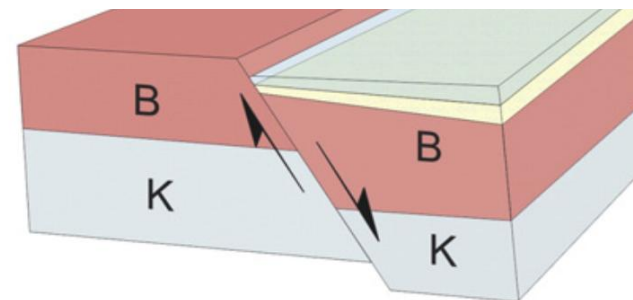
Falhas normais NE-SW e NW-SE formadas pela combinação entre Sigma 1 vertical com $R=0,64$ indica que este conjunto foi formado por paleocampo distensivo puro. O índices $QRw=C$ $QRt=E$ $CD=16,7$ indicam que estes resultados são de qualidade moderada a ruim (Delvaux & Sperner, 2003).

Modelo Neotectônico para o limite sul da Sub-Bacia de Alagoas. (Lima et al., 2014)

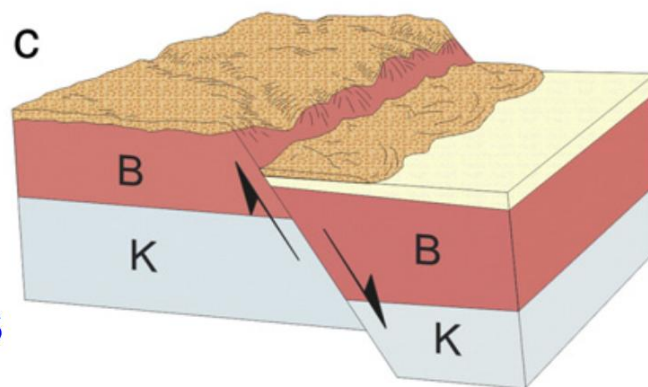
Mioceno
BF Barreiras



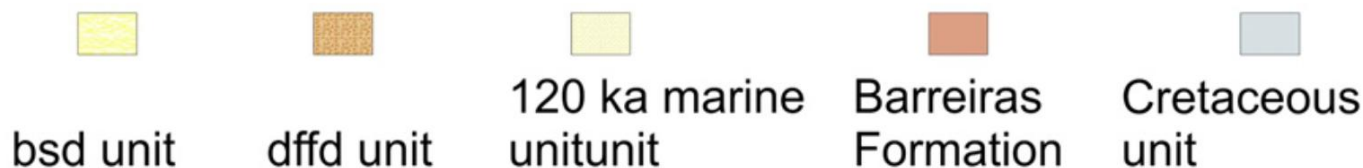
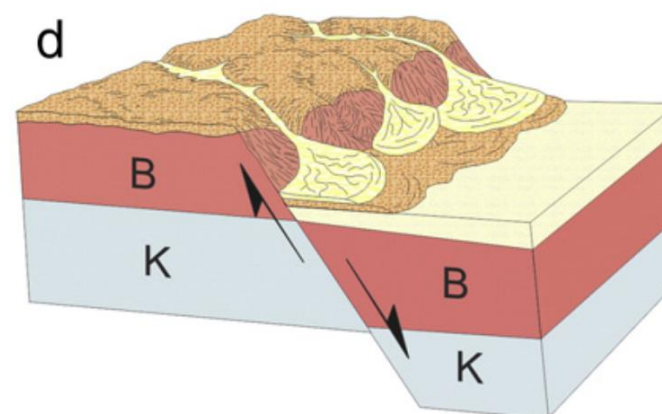
Pleistoceno
120k transgressão



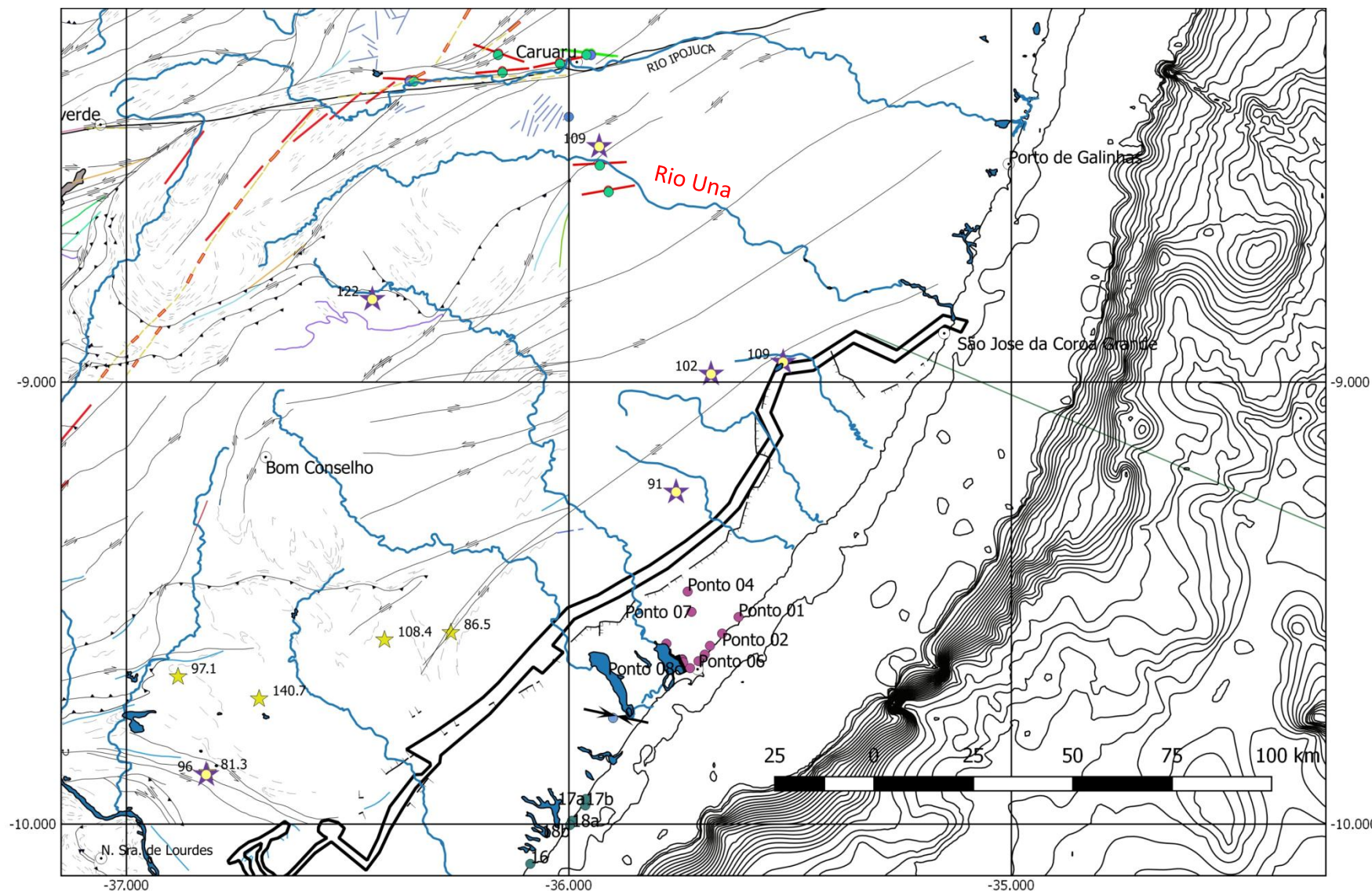
Pleistoceno
82 - 65
Dffd
leques aluviais



Holoceno
Bsd
leques e fluvial
entrelaçado
8k - presente

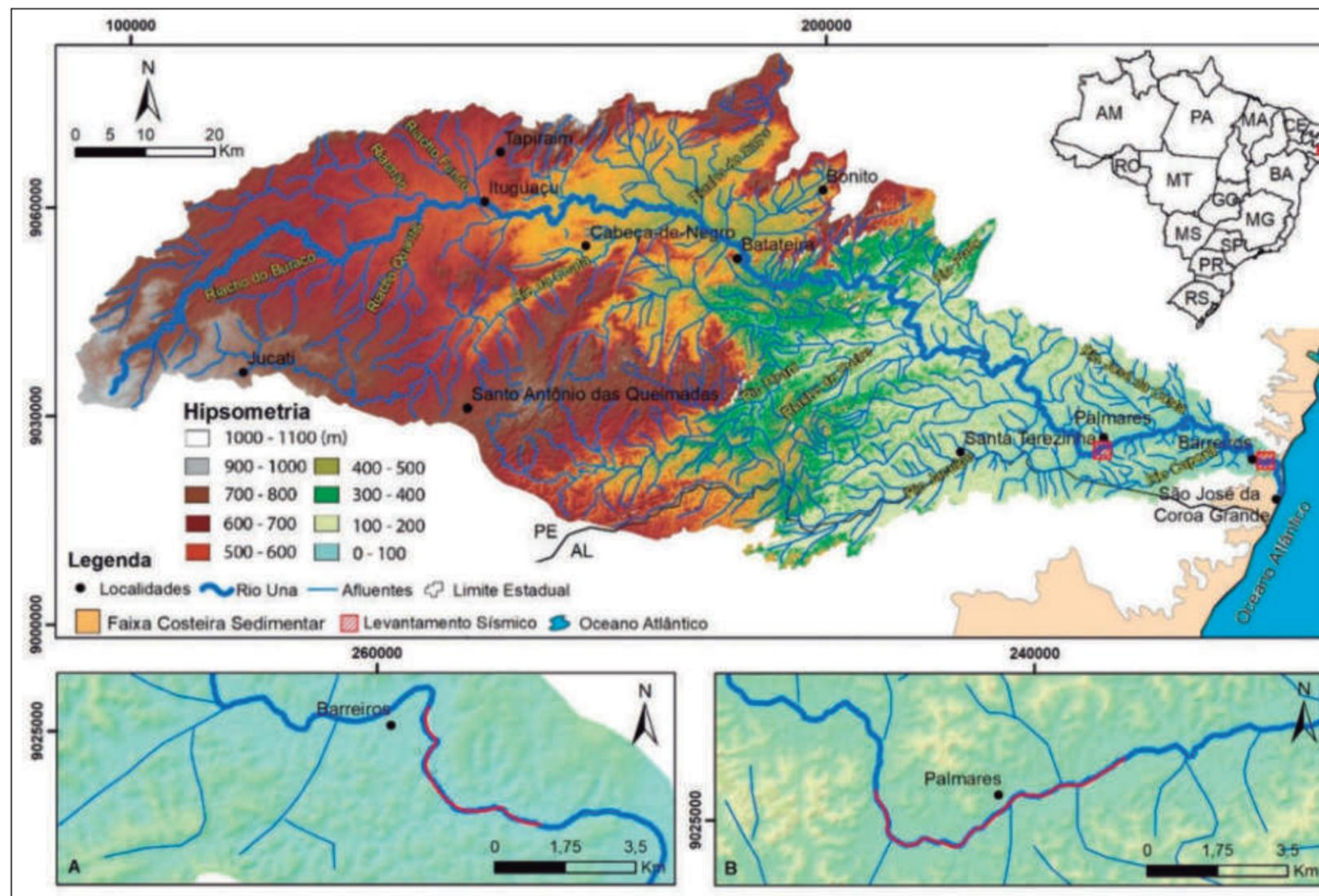


Neotectônica atuante no Rio Una, borda sul do Alto de Maragogi



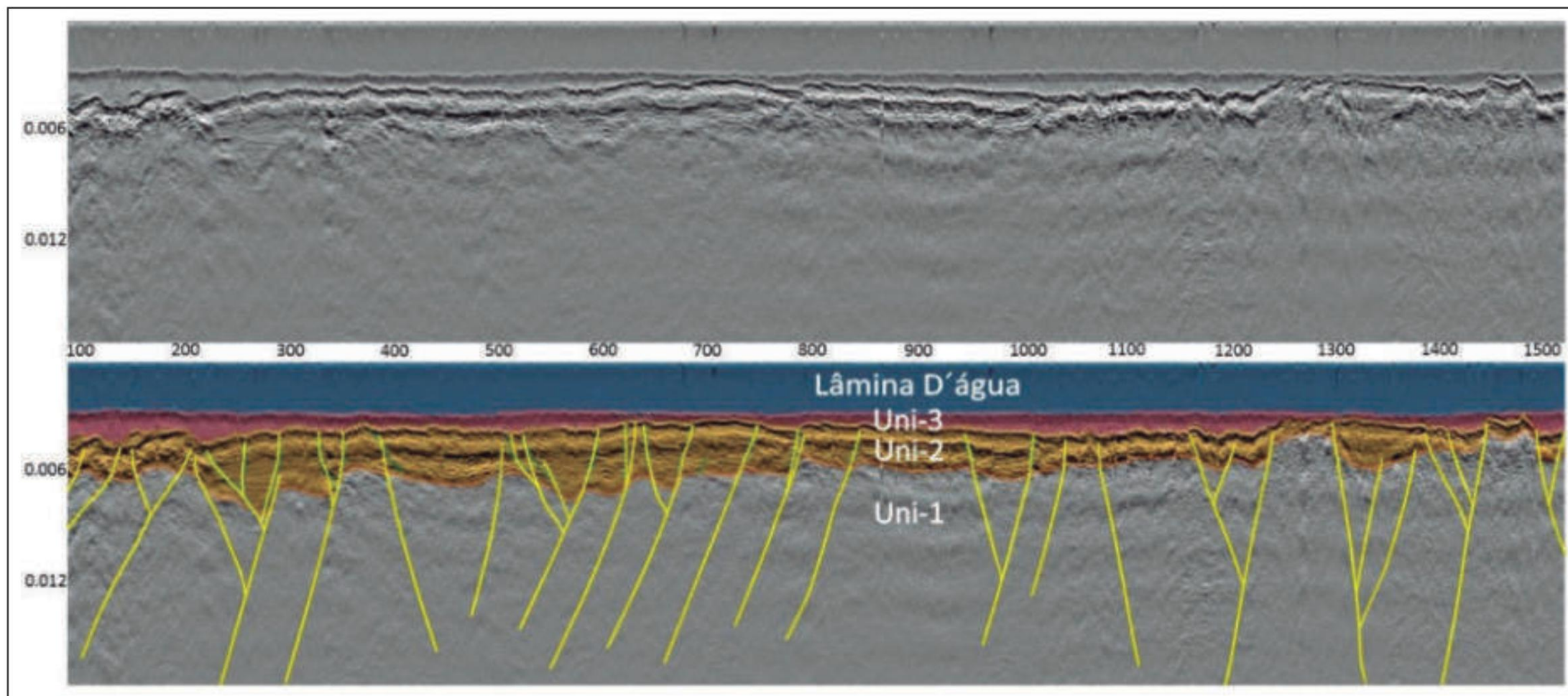
Segundo
CORREIA FILHO
et al., 2020

Bacia do Rio Una, borda sul do Alto de Maragogi



Localização de
Seções sísmicas
Realizadas ao longo
Do Rio Una

Fonte: CORREIA FILHO
et al., 2020



Seção sísmica levantada no canal do Rio Una, próximo à cidade de Barreiros. Três unidades sismoestratigráficas foram identificadas: 1) Unidade-1, que representa o embasamento cristalino; 2) Unidade-2 que representa uma camada de depósitos mais consolidados de possível idade quaternária; e 3) Unidade-3, que representa uma camada de depósitos inconsolidados, areia e lama, de possível idade holocênica. As falhas observadas são de alto ângulo (linhas amarelas), e controlaram o basculamento de blocos do embasamento, afetando os depósitos sedimentares que apresentam crescimento de espessura da camada contra planos de falhas, basculamento do acamamento e dobras

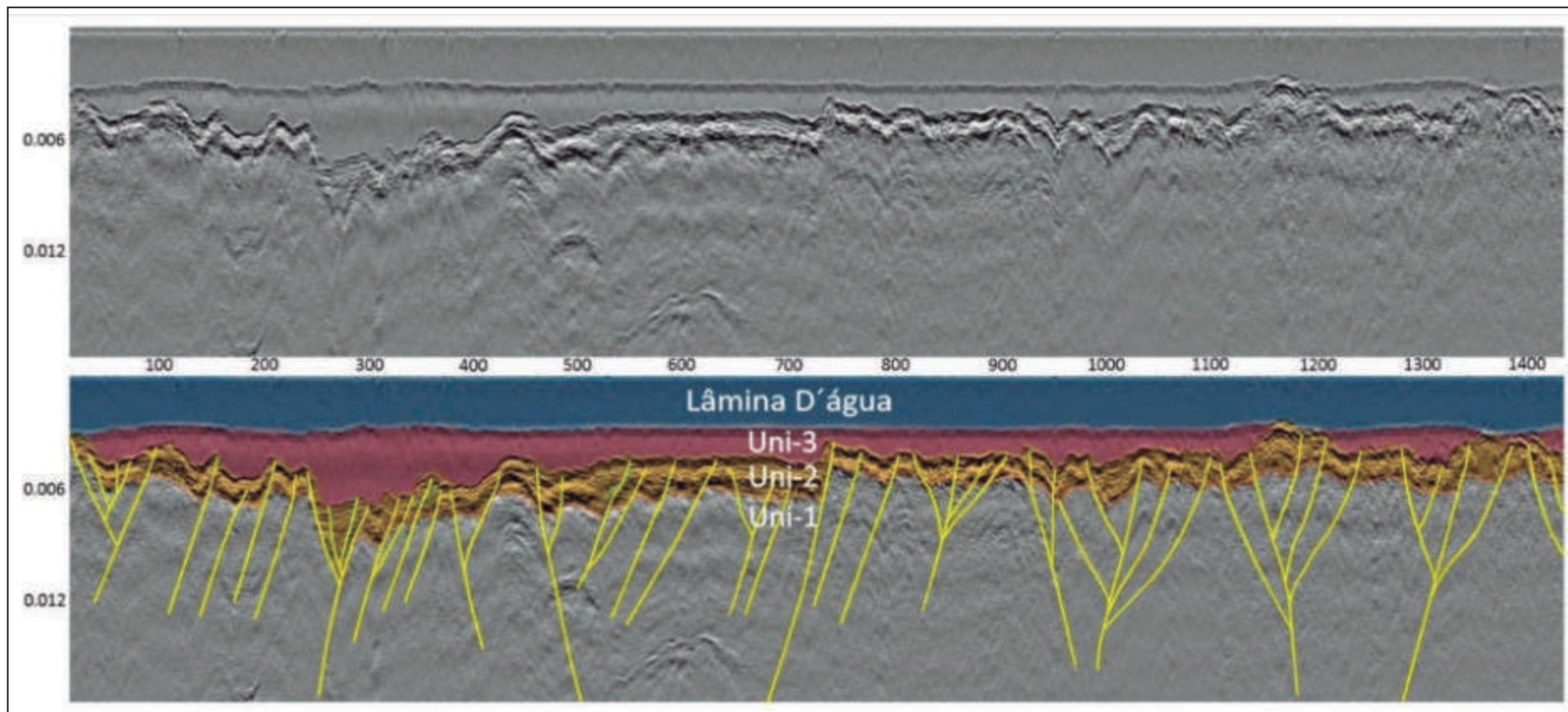


Figura 11 Seção sísmica 2D levantada no canal do Rio Una, próximo à cidade de Palmares. Três unidades sismoestratigráficas foram identificadas: 1) Unidade-1, que representa o embasamento cristalino, 2) Unidade-2 que representa uma camada de depósitos mais consolidados de possível idade quaternária, e 3) Unidade-3, que representa uma camada de depósitos inconsolidados, areia e lama, de possível idade holocênica. As falhas observadas são de alto ângulo (linhas amarelas), e controlaram o basculamento de blocos do embasamento, afetaram os depósitos sedimentares que apresentam crescimento de espessura contra planos de falhas, basculamento do acamamento e dobras.

Fonte: CORREIA FILHO
et al., 2020

São José da Coroa Grande – Alto de Maragogi

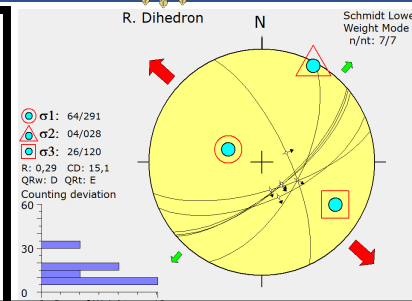
A) intercalação de arenitos mosqueados e estratificados com camadas siltico-argilosas bioturbadas, detalhe para o plano de falha de rejeito centimétrico.
 B) Desenho esquemático ilustrando aspectos geométricos das estratificações Cruzadas acanaladas (seta azul), acamamento convoluto (seta vermelha) e dos planos de falhas e fraturas que cortam a Formação Barreiras nesta região;
 C e D) Planos de falhas de pequeno rejeito, associados a uma estrutura em flor negativa.

Fonte: CORREIA FILHO et al., 2020

ESTRATIGRAFIA TECTÔNICA REGIONAL

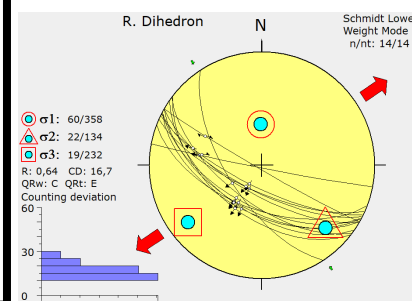
Considerações
parciais.
Estratigrafia
tectônica com
base nas
informações
regionais
apresentadas

HOLOCENO



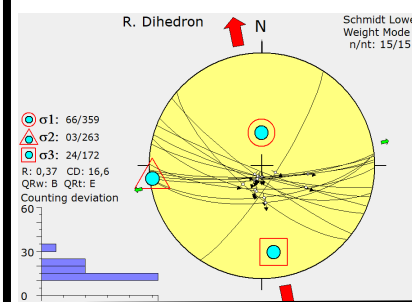
Na **Sub-Bacia de Alagoas** reativação de falhas na Fm. Barreiras formando estrutura tipo gráben preenchido por camadas mais jovens e deformando camadas sobrepostas de solo. No **Alto de Maragogi** espessamento de camadas de idade holocênica contra planos de falhas.

PLEISTOCENO

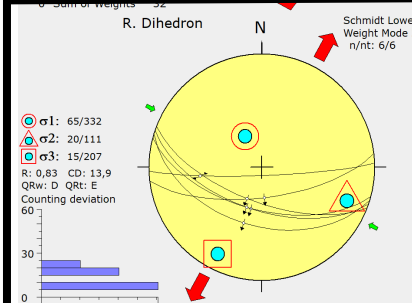


Na **Sub-Bacia de Alagoas** falhas deslocando a unidade dffd e camada contendo clastos de laterita.

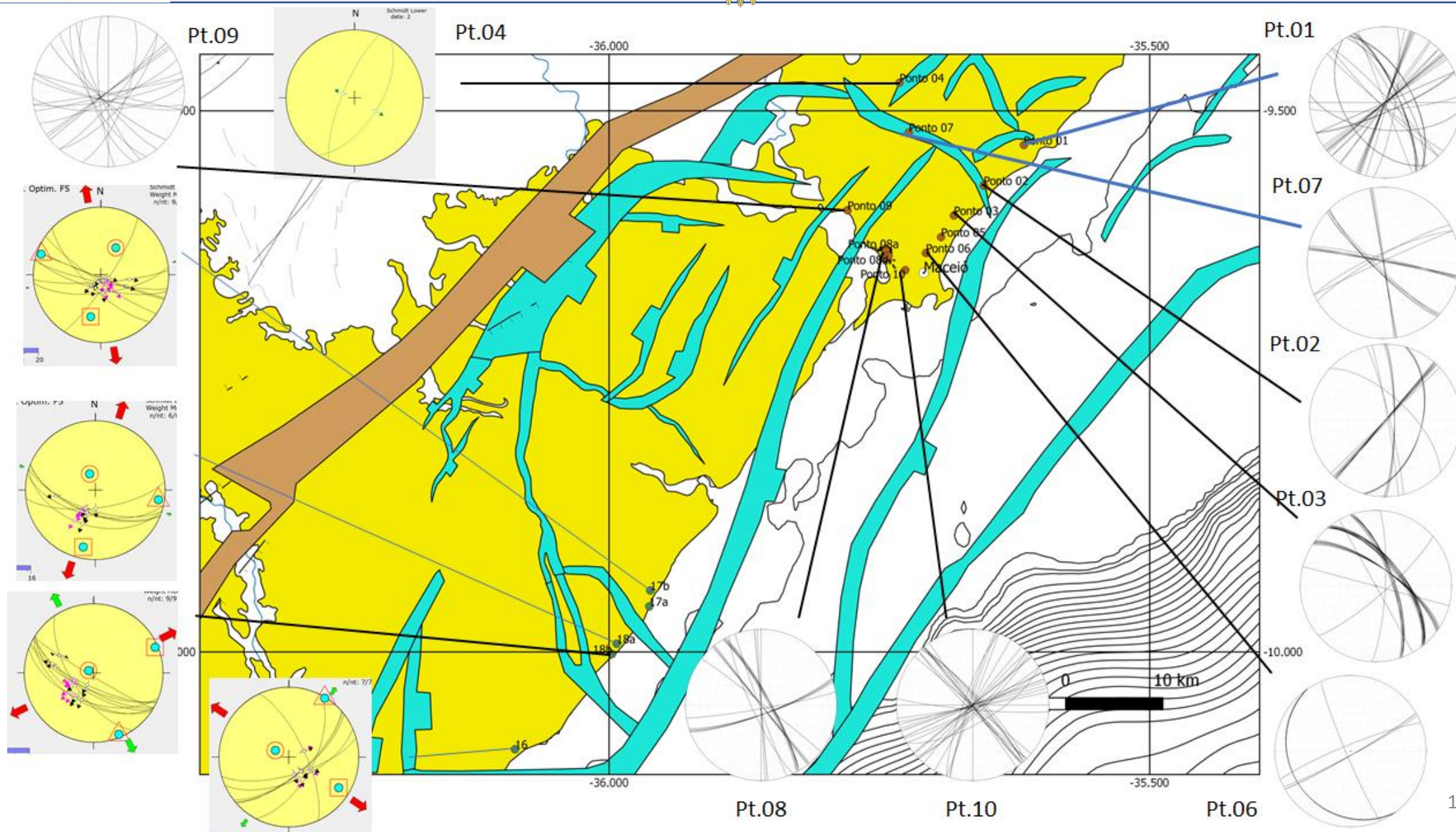
MIOCENO

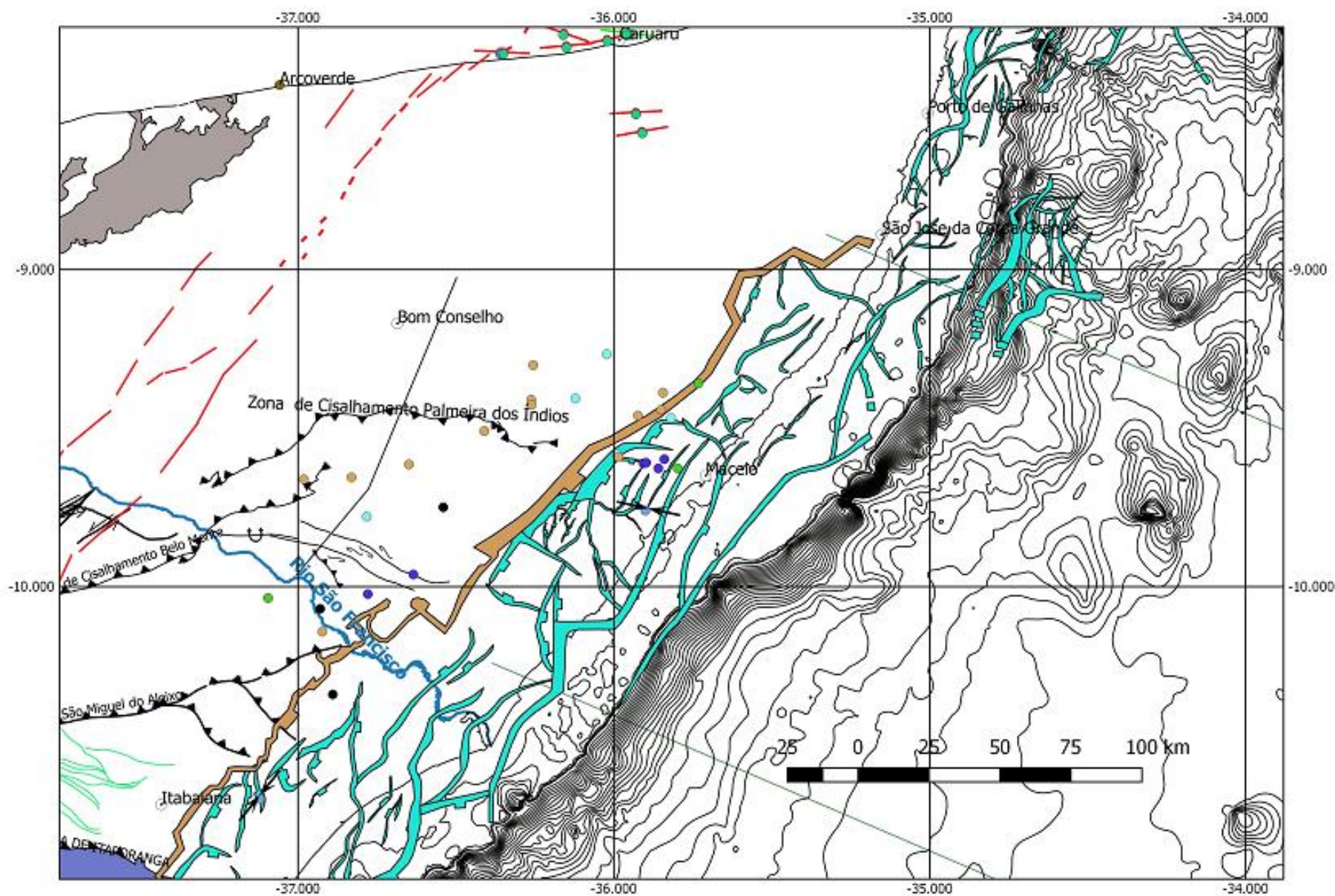


Na **Sub-Bacia de Alagoas** reativação após o desenvolvimento do solo laterítica na Fm. Barreiras, mas antes da deposição da unidade dffd (leques aluviais). No **Alto de Maragogi** formação de falhas transtensionais de direção NNE-SSW.



Na **Sub-Bacia de Alagoas** deformação sin-deposicional a Fm. Barreiras. No **Alto de Maragogi** espessamento de camadas relacionáveis a Fm. Barreiras contra planos de falha.





CONSIDERAÇÕES PARCIAIS

O estudo sobre dados disponíveis da deformação neotectônica na Sub-Bacia de Alagoas, incluindo os da CPRM e os coletados pela nossa equipe no trabalho de campo em Maceió, indicou que ela é complexa e pode ser controlada pela presença de estruturas pretéritas da fase Rifte. Foi possível subdividir, preliminarmente, tal deformação em quatro fases ao longo do Neogeno. Nessas quatro fases a direção de maior distensão é muito variada, podendo ser quase perpendicular entre uma e outra. Tal característica pode indicar distintos pulsos de interação entre o campo de esforços local e regional, como reativação de diferentes estruturas pretéritas, seja por tensões regionais, locais, inclusive antropomórficas ou, mesmo, interação de tensões regionais e locais.

A correlação entre a estratigrafia tectônica regional e os dados obtidos em campo, pela equipe da CPRM e pela nossa, indica que a falhas de direção NE-SW relacionáveis a fase rifte podem ter sido reativadas, como no caso do Ponto 4 da CPRM, pelo mesmo campo de tensões de idade holocênica observado mais ao sul da área de interesse, ambos com o eixo principal de maior distensão localizado na direção NW-SE.

A área de ocorrência da deformação observada nos bairros afetados por rachaduras e afundamento na Cidade de Maceió, nos bairros Pinheiro, Bebedouro e Mutange, observa-se uma direção de distensão NE-SW. Estas defoemações se posicionam sobre a área de exploração de sal, realizada pela empresa Braskem. As rachaduras observadas afetando as feições culturais (prédios, casas e ruas) perdem representatividade com o distanciamento da localização dos poços produtores de sal. Ressalta-se que as rachaduras e estruturas aí presentes tem direção preferencial NW-SE, incompatível com a direção de distensão regional mais nova.

RECOMENDAÇÕES PARA ETAPAS FUTURAS

O resultado da correlação entre a deformação local e regional indicou que próximo da área de interesse há indícios de deformação de idade holocênica (ponto 4), contudo a direção preferencial das rachaduras observadas próximo a área de exploração de sal é incompatível com este campo de paleotensões.

Levando-se em conta estas observações, recomenda-se que sejam feitas novas campanhas de coleta de dados de campo. A coleta de dados estruturais deve ser feita observando-se as recomendações da literatura especializada (*e.g.* Angelier, 1994; Delvaux & Sperner, 2003; Hancock, 1985; Peacock *et al.*, 2017) que leva em conta, além do número satisfatório de famílias de estruturas formadas pelo mesmo campo de paleotensões, a forma destas feições e o tipo de interação entre as diferentes direções de indicadores de deformação rúptil.

Estas informações permitirão que se determine com maior grau de certeza se há influência de esforços neotectônicos regionais na deformação e afundamentos observados na cidade de Maceió, ou se este fenômeno é apenas local e de origem antropogênica.

REFERÊNCIAS

- ANGELIER, J. Fault slip analysis and paleostress reconstruction. In: Hancock, P. L. (Org.) *Continental Deformation*, Oxford: Pergamon Press,. p. 53 -100. 1994
- CATÁLOGO SÍSMICO – <http://moho.iag.usp.br/rq/>
- CORREIA FILHO, Osvaldo José et al. Reativação Tectônica Quaternária no Domínio Sul da Província Borborema, NE do Brasil: Integração de Dados Morfométricos, Geológicos e Geofísicos da Bacia do Rio Una. **Anuário do Instituto de Geociências**, v. 42, n. 4, p. 219-237, 2020.
- CRUZ, Liliane Rabêlo. Caracterização tectono-estratigráfica da sequência transicional na sub-bacia de Sergipe. 2008.
- DELVAUX, D.; SPERNER, B. New aspects of tectonic stress inversion with reference to the TENSOR program. *Geological Society, London, Special Publications*, v. 212, n. 1, p. 75-100, 2003.
- DESTRO, N. Falhas de alívio e de transferência: O significado tectônico e econômico no Rifte do Recôncavo-Tucano-Jatobá, NE Brasil. **Federal University of Ouro Preto, Brazil, PhD, 173p**, 2002.
- FOSSEN, H. Structural Geology, 2010.
- HANCOCK, P. L. Brittle microtectonics: principles and practice. *Journal of Structural Geology*, 7(3–4), 437–457. 1985. [https://doi.org/10.1016/0191-8141\(85\)90048-3](https://doi.org/10.1016/0191-8141(85)90048-3).
- LIMA, Carlos CU et al. Quaternary fault control on the coastal sedimentation and morphology of the São Francisco coastal plain, Brazil. **Tectonophysics**, v. 633, p. 98-114, 2014.
- LARRÉ, Luciano José Costa. Análise sismoestratigráfica dos depósitos sinrifte da Formação Coqueiro Seco (Aptiano inferior a médio), Bacia de Sergipe-Alagoas. 2009.

NOGUEIRA, Francisco C.; BEZERRA, Francisco HR; FUCK, Reinhardt A. Quaternary fault kinematics and chronology in intraplate northeastern Brazil. **Journal of Geodynamics**, v. 49, n. 2, p. 79-91, 2010.

MARTINS, Gabriela Salomão; MOHRIAK, W. U.; DESTRO, N. Evolução tectono-estratigráfica dos evaporitos Horizonte e Paripueira na porção alagoana da Bacia de Sergipe-Alagoas e suas implicações na abertura do Oceano Atlântico Sul. 2017.

MENDES, Vanildo Almeida et al. **Geologia e recursos minerais do estado de Alagoas: escala 1: 250.000**. CPRM-Serviço Geológico do Brasil, 2017.

NETO, OP de A. Campos et al. Bacia de sergipe-Alagoas. **Boletim de Geociências da PETROBRAS**, v. 15, n. 2, p. 405-415, 2007.

PEACOCK, D. C. P., SANDERSON, D. J., & ROTEVATN, A. Relationships between fractures. *Journal of Structural Geology*, 106(November 2017), 41–53. <https://doi.org/10.1016/j.jsg.2017.11.010>

4.1 Trabalho de Campo

4.1. RELATÓRIO DE CAMPO

PROJETO

ESTUDO SOBRE O FENÔMENO ASSOCIADO A RACHADURAS E AFUNDAMENTOS DE TERRENOS EM REGIÃO URBANIZADA DE MACEIÓ - AL, ATRAVÉS DE ESTUDOS GEOLÓGICOS E GEOFÍSICOS

INTRODUÇÃO

A semana de trabalho de campo na área alvo em Maceió (AL), realizada entre os dias 4 e 7 de fevereiro de 2020, foi muito produtiva e esclarecedora no que se refere aos efeitos da subsidência junto à Lagoa Mundaú e as suas consequências na ocupação urbana nos Bairros do Pinheiro, Mutange e Bebedouro.

Guiados pelos geólogos Victor e Ivan, da CPRM e acompanhados pelo Geólogo Antonioni da Defesa Civil de Maceió, tomamos ciência das áreas de exclusão, especialmente no Bairro do Pinheiro, do avanço do nível relativo da Lagoa Mundaú, no Bairro do Bebedouro, bem como dos aspectos principais da geologia local, como da escarpa/falésia do Mutange, e da geologia regional, já fora da área afetada pelos efeitos da subsidência junto à Lagoa Mundaú e fora da área urbana.

VISITA À ÁREA AFETADA PELOS EFEITOS DA SUBSIDÊNCIA JUNTO A LAGOA MUNDAÚ

1º dia – 4/02/2020

Visita às instalações da Defesa Civil de Maceió.

Nos encontramos com os geólogos da CPRM e da Defesa Civil no hotel em que nos hospedamos, almoçamos e seguimos para as instalações da Defesa Civil onde fomos recebidos pelo seu Diretor, Dr. Dinário Lemos, e pela equipe técnica. Fomos apresentados ao sistema de monitoramento da área submetida à subsidência acelerada, de até 1,40m em dez anos e que chegou a 40cm apenas nos dois últimos anos. Ali é acompanhada a pluviosidade em tempo real e passada informação à população (Figura 1).



Figura 1 – Sistema de monitoramento de pluviosidade da Defesa Civil de Maceió.

Visita ao Bairro Pinheiro

Após a visita à defesa civil nos dirigimos à área de danos associados ao afundamento verificado nos Bairros do Pinheiro, Mutange e Bebedouro, como citado acima. Os danos, denominados informalmente como “rachaduras e afundamentos”, são tanto fraturas geológicas, como falhas e juntas, bem como rachaduras em instalações e benfeitorias culturais. Apesar do pequeno rejeito aparente, de poucos centímetros a decímetros, causam danos diversos nas instalações culturais dos referidos bairros, incluindo, pavimentos asfálticos, calçadas, muros, casas, estruturas de prédios a de conjuntos habitacionais de baixo a médio padrão de construção, além das tubulações de água e esgoto (Figuras 2 a 10). Destaca-se, ainda, a subsidência no Bairro do Bebedouro, junto à Lagoa Mundaú, onde as construções vêm sendo invadidas progressivamente pela lagoa (Figuras 11 a 16).



Figura 2 – Rachaduras em calçamento e muro de residência no Bairro Pinheiro.



Figura 3 – “Rachadura” em piso asfáltico, no Bairro Pinheiro, com porção à esquerda mostrando afundamento centimétrico com relação à da direita. O Afundamento se dá na direção da Lagoa Mundaú. Este comportamento indica a presença de uma falha normal ou de gravidade.



Figura 4 – Detalhe da “rachadura” mostrada na Figura 3.



Figura 5 – “Rachaduras” em calçamento e muro de conjunto habitacional sendo reparados.



Figura 6 – “Rachadura” em calçamento e muro de residência. Nota-se afundamento do bloco do lado esquerdo da foto, em direção à Lagoa Mundaú.



Figura 7 – “Rachaduras” piso asfáltico, em primeiro plano, que têm continuidade em calçamento e muro de distribuidora de gás, ao fundo, onde foram reparados.



Figura 8 – “Rachadura” em muro de residência. Nota-se afundamento decimétrico do bloco do lado esquerdo da foto, em direção à Lagoa Mundaú.



Figura 9 – Residência adernada para a esquerda, com afundamento do bloco do lado direito da foto, em direção à Lagoa Mundaú.



Figura 10 – Reparo na tubulação de água, no Bairro Pinheiro, com colocação de tubos de material flexível, procurando evitar novo rompimento.

2º dia – 05/02/2020

Visita ao Bairro Bebedouro

Constou, inicialmente, de visita à Casa de Repouso Dr. José Lopes de Mendonça, situado no Bairro Bebedouro, na beira da Lagoa Mundaú. Esta casa de repouso foi fechada à cerca de cinco anos, quando começou a ser alagada pela lagoa.



Figura 11 – Fundos da Casa de Repouso Dr. José Lopes de Mendonça, junto à Lagoa Mundaú. Bairro Bebedouro.



Figura 12 – Fundos da Casa de Repouso Dr. José Lopes de Mendonça, junto à Lagoa Mundaú. Antiga área de enfermarias, hoje completamente alagada. Bairro Bebedouro.



Figura 13 – Fachada da Casa de Repouso Dr. José Lopes de Mendonça, hoje desocupada, junto à Lagoa Mundaú. Bairro Bebedouro.



Figura 14 – Conjunto de casas situadas em frente a Casa de Repouso Dr. José Lopes de Mendonça, junto à Lagoa Mundaú. Bairro Bebedouro. Todas as moradias marcadas com a letra “A” foram condenadas pela defesa civil e desocupadas.

A área urbana visitada corresponde, principalmente, aos Pontos 8a, b, c e d da CPRM, cujas medidas de rachaduras no piso asfáltico e calçadas são mostradas nos estereogramas abaixo (Figura 15). Fica evidente a predominância das estruturas NNW-SSE, com mergulhos altos, sub-verticais. Um segundo sistema de fraturas tem direção ENE-WSW e, também, mergulhos altos.

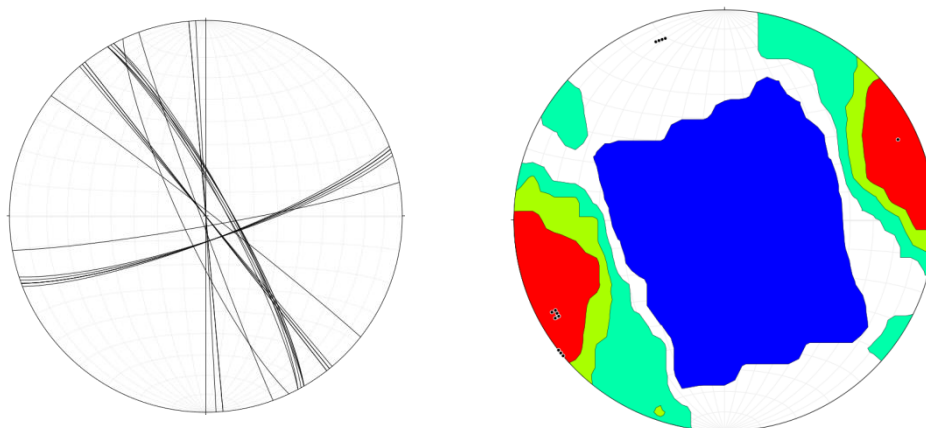


Figura 15 – Estereogramas com medidas de rachaduras no piso asfáltico e calçadas. Projeções ciclográficas à esquerda e pólos dos planos à direita. Pontos 8a a 8d da CPRM.

Visita a afloramento no Bairro Mutange

Após a visita ao Bairro Bebedouro visitou-se um afloramento do Grupo Barreiras no Bairro Mutange, na encosta marcada pela presença de uma paleofalésia. O afloramento, muito alterado, apresenta fraturas de direção NNW-SSE, NE-SW e ENE-WSW (Figura 16). Esta paleofalésia, que se estende na direção NNW, é tida como coincidente com a Falha do Mutange.



Figura 16 – Barreiras alterado, com fraturas paralelas à beira da Lagoa Mundaú e da inferida escarpa de falha do Mutange, de direção NNW-SSE.

MAPA DA ÁREA DE DANOS NOS BAIRROS DO PINHEIRO, BEBEDOURO E MUTANGE (DEFESA CIVIL DE MACEIÓ / CPRM)

A partir do conjunto de dados coletados pela CPRM e pela Defesa Civil na área urbana de Maceió afetada pelas “Rachaduras” e pelo afundamento do terreno, além de processos erosivos causados pela pluviosidade nas rachaduras, a Defesa Civil separou áreas de maior e menor dano, com consequências para as ações a serem tomadas (Figura 17):



Figura 17 – Mapa da área de “danos” causados pelo afundamento do terreno junto à Lagoa Mundaú – Bairros Pinheiro, Bebedouro e Mutange (Defesa Civil de Maceió / CPRM).

O mapa é dividido em áreas de maior e menor dano, marcadas por diferentes cores, e que são descritas a seguir:

1. O “**Setor 0**” refere-se ao Bairro Pinheiro. Caracterizado por Zona de Cisalhamento – fraturamento, danos em edificações e processos erosivos –, é

- subdividido em 0.0, de cor verde cítrica, e 0.1, em verde-escuro. No “setor 0”, foram observados danos descritos como colapso de estruturas e intensificação dos processos erosivos.
2. O “**Setor 0.00**” abrange toda a área coberta pelo Mapa de Feições da CPRM – **áreas amarela, laranja e vermelha** do Bairro Pinheiro, onde foram notificadas as primeiras evidências investigadas desde 15 de fevereiro de 2018. Essa área, a mais crítica do “Setor 0”, é caracterizada por fraturamento intenso, processos erosivos e danos em edificações já identificados no mapa de feições. Para esta área, a Defesa Civil recomenda, com base no relatório técnico da CPRM, a realocação de moradores, o monitoramento dos processos erosivos e dos danos e alerta.
 3. O “**Setor 0.01**” compreende a área do Pinheiro localizada no entorno do Mapa de Feições. Também considerada uma área crítica, registra pontos passíveis de expansão dos processos erosivos e de danos estruturais em edificações e demais infraestruturas, como vias públicas, condutores da rede elétrica e canalização de redes de drenagem, esgotamento sanitário, água e gás. Para esta área, a Defesa Civil recomenda o monitoramento, podendo haver realocação dos moradores de edificações ou de áreas inteiras.
 4. O “**Setor 1**” abrange **parte do Bairro Mutange**. Caracterizado como zona de movimento de massa, é subdividido em 0.0, de **cor rosa clara**, e 0.1, em **cor rosa escura**. No “Setor 1” foram observados danos identificados como colapso de estruturas.
 5. O “**Setor 1.00**” abrange a **área da encosta do Mutange e da encosta do Jardim Alagoas**. Área mais crítica do Setor 1, é caracterizada por zona de deformação e de falhas geológicas (R3 e R4 CPRM 2012-2017). São áreas de risco em encostas que já haviam sido mapeadas pela CPRM em 2012 e revisitadas em 2017. Vale observar que R é a sigla para risco, que é escalonado de 1 a 4, conforme a gravidade, sendo 1 = baixo; 2 = médio; 3 = alto e 4 = muito alto. Para este setor, a Defesa Civil recomenda a realocação de moradores, remoção das moradias, monitoramento, alerta e alarme.
 6. O “**Setor 1.01**” compreende as regiões conhecidas como **Gruta do Padre, no Mutange, e Cardoso, em Bebedouro** (R3 e R4 CPRM 2012/2017). Para estas duas regiões, a recomendação é de monitoramento, alerta, alarme e realocação de moradores.
 7. O “**Setor 2**” refere-se à **Zona de Alagamento no Mutange**. Identificado por **tons de azul**, apresenta insalubridade e perda de funcionalidade das edificações. É subdividido em áreas de Criticidade 00, identificado pela cor azul clara, que representa áreas já alagadas e 01, **azul escuro, que aponta áreas passíveis de alagamento**.
 8. Para o “**Setor 2.00**”, a recomendação é para realocação de moradores, monitoramento e alerta.
 9. Para o “**Setor 2.01**”, a recomendação é de monitoramento, podendo vir a ocorrer realocação de moradores de edificações ou de áreas inteiras.
 10. O “**Setor 3**”, **representado por estruturas circulares, também compreende a área alagada do Mutange, estendendo-se à Lagoa Mundaú, com pontos no Mutange e também no Pinheiro, e representa as minas de exploração de sal-gema**. Caracterizado por zona de dolinamento, ou seja, de afundamento em formato circular, este Setor apresenta colapso e suas áreas são passíveis de novas ocorrências nas minas de extração de sal. Para este setor, a Defesa Civil recomenda monitoramento, alerta, alarme e retirada de moradores, em caso de

agravamento da situação. As instituições municipais, estaduais e federais estão elaborando estratégias para assistência à população.

VISITA A AFLORAMENTOS FORA DA ÁREA URBANIZADA

Dando continuidade ao campo do segundo dia, já fora da área de afundamento e menos urbanizada:

Ponto 1 da CPRM

Visitou-se uma saibreira do Grupo Barreiras, no litoral norte da cidade de Maceió. Observou-se a presença de depósitos conglomeráticos, com estratificações cruzadas planares e presença de concreções ferruginosas (Figura 18). Num nível mais baixo, na entrada da saibreira, identificou-se um depósito com estratificação plano paralela, com indícios de ser provindo de retrabalhamento do Barreiras, como fragmentos de concreções ferruginosas (Figura 19). O afloramento está coberto por espesso latossolo.



Figura 18 – Grupo Barreiras com níveis de concreções ferruginosas.



Figura 19 – Grupo Barreiras retilhado com fragmentos de concreções ferruginosas e estratificação planoparalela.

Neste afloramento, segundo dados da CPRM, predominam as fraturas de direção NE-SW, com alto ângulo de mergulho e, secundariamente aparecem fraturas de direção NW-SE, com mergulhos variáveis (Figura 20).

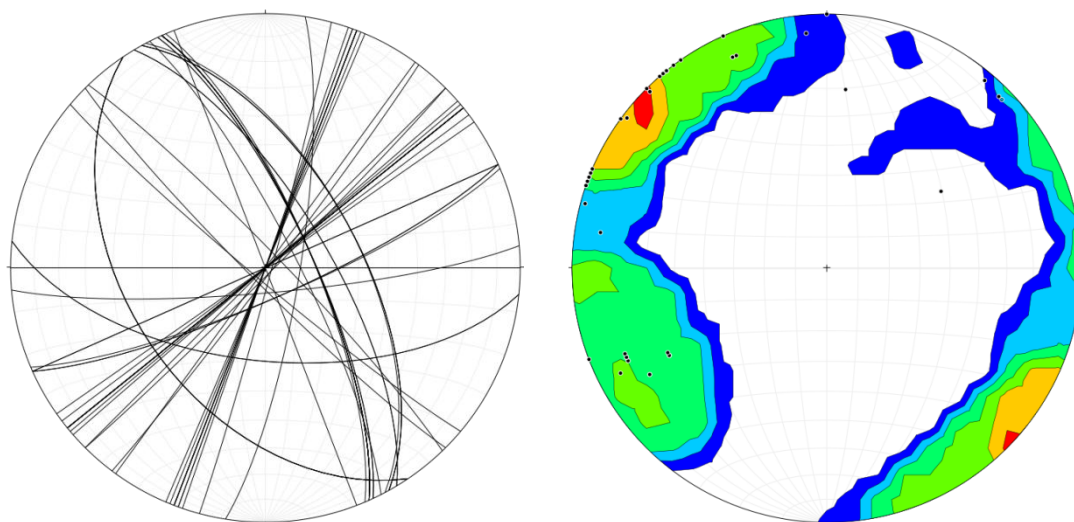


Figura 20 - Estereogramas com medidas de fraturas afetando o Grupo Barreiras. Projeções ciclográficas à esquerda e pólos dos planos à direita. Ponto 1 da CPRM.

Ponto 4 da CPRM

Iniciou-se com uma saibreira do Grupo Barreiras e espesso latossolo no topo (Figura 21). O Barreiras se constitui de conglomerados e de níveis argilíticos. O afloramento apresenta fraturas verticais predominantes, menos erodidas no topo onde se encontra o latossolo. Localmente identificamos dois planos de falhas normais, conjugadas, com estrias bem marcadas, que ainda não haviam sido descritas pela CPRM. Ambos os planos de falha têm direção NNE e mergulho médio (60° e 75° para SE e para NW, respectivamente) (Figuras 22 e 23). Estereogramas com as estruturas podem ser vistas na Figura 24.



Figura 21 – Saibreira do Barreiras com espesso latossolo no topo. Ponto 4 da CPRM.



Figura 22 – Estrias em plano de falha normal, cortando o Grupo Barreiras. Dados pareados plano//estrias, representando direção do mergulho/mergulho//sentido do caimento/caimento → 122/60//122/60, normal. Ponto 4 da CPRM.



Figura 23 – Estrias em plano de falha normal, conjugada com a da Figura 22, cortando o Grupo Barreiras. Dados pareados plano//estrias, representando direção do mergulho/mergulho//sentido do caimento/caimento → 292/75//292/75, normal.

Os estereogramas da Figura 24, abaixo, incluem as medidas tomadas pela equipe da CPRM (Figuras 24A e B) no Ponto 4 e, à direita os mesmos dados acrescidos dos dois dados pareados de falhas e estrias, adquiridos no campo pela equipe da UFF. Estas falhas têm caráter normal, com as estrias paralelas ao mergulho dos planos, (Figura 24C), indicando uma distensão pura, de direção WNW-ESE.

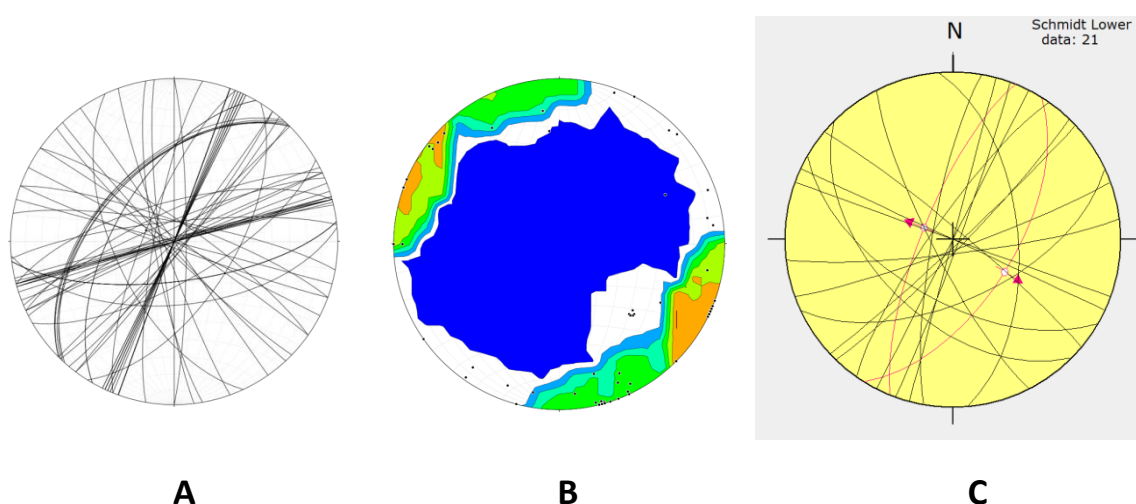


Figura 24 - Estereogramas com medidas de fraturas afetando o Grupo Barreiras. Figuras A e B contêm dados adquiridos pela equipe da CPRM, com projeções ciclográficas em (A) e pólos dos planos em (B). No estereograma (C) estão acrescidos, em vermelho, as projeções ciclográficas dos planos de falhas e suas respectivas estrias (setas), indicando que se tratam de duas falhas normais conjugadas de direção NNE-SSW. Ponto 4 da CPRM.

Ponto 1* da CPRM

Próximo a saibreira da parada anterior, em corte de estrada, ocorre um colúvio colocado em contato com o Grupo Barreiras, por falha (Figuras 25 e 26) .



Figura 25 - Colúvio colocado em contato com o Grupo Barreiras por falha. Ponto 1* da CPRM.



Figura 26 – Detalhe do afloramento anterior, mostrando colúvio colocado em contato com o Grupo Barreiras por falha 060/80 (direção do mergulho/mergulho). Ponto 1* da CPRM.

Ponto 2* da CPRM

Última parada do 3º dia, localizada nas proximidades do aeroporto, onde ocorre um afloramento do Conglomerado Carmópolis. No local viu-se um conglomerado basal polimítico, sustentado por clastos, com seixos, blocos e matacões, predominantemente de granito (Figura 27) e, secundariamente, de quartzo (Figura 28). Num nível acima deste conglomerado polimítico está presente um conglomerado com predominância de seixos de quartzo, em matriz de arenito grosso (Figura 29).



Figura 27 – Conglomerado polimítico do Membro Carmópolis. Destaque para matacão de granito. Ponto 2* da CPRM.



Figura 28 – Conglomerado polimítico do Membro Carmópolis. Destaque para bloco de quartzo. Ponto 2* da CPRM.



Figura 29 – Conglomerado com predominância de seixos de quartzo e matriz de arenito grosso do Membro Carmópolis. Ponto 2* da CPRM.

4º dia – 07/02/2020

Reunião da equipe da UFF para revisão e discussão sobre os diversos pontos visitados em companhia dos técnicos da CPRM e da Defesa Civil de Maceió, com confecção de esboço do relatório de campo.

Conclusão

Foram vistas as “rachaduras” que afetam as feições culturais na área urbanizada junto à Lagoa Mundaú, como revestimento asfáltico, calçadas, muros, construções que englobam desde casas a prédios de 10 andares, conjuntos habitacionais, além de tubulações de água e esgoto. Centenas dessas moradias já se encontram desocupadas devido a terem sido condenadas pela Defesa Civil de Maceió.

Chamou atenção, especialmente, a subida do nível relativo da Lagoa Mundaú, invadindo construções e terrenos na beira da lagoa. Algumas delas de utilização pública e com dezenas de anos de construção, como a “Clínica de Repouso Dr. José Lopes Mendonça”, fechada há dois anos.

As atitudes das “rachaduras”, junto à Lagoa Mundaú, são predominantemente paralelas ao maior alongamento da mesma, de direção NNW-SSE, coincidente com a inferida Falha do Mutange e, secundariamente, paralelas às falhas predominantes da fase rifte, na área, de direção NE-SW.

Deve-se chamar atenção para o fato de que, apesar de haver evidências de reativação de estruturas do embasamento, tanto na fase rifte, como, ao longo da

evolução das bacias marginais, seja *offshore* ou na área emersa adjacente, incluindo a atividade neotectônica, registrada tanto pela sismicidade como por estruturas geológicas e feições como, fraturamento hidráulico, *breakouts* e feições de liquefação, em todo o Nordeste do Brasil (ver o item “Integração dos mapas geológicos e revisão da geologia regional”), o AFUNDAMENTO que ocorre na área urbana junto da Lagoa Mundaú, nos Bairros Pinheiro, Mutange e Bebedouro, não encontra paralelo em nenhum outro local do nordeste, nem mesmo em Maceió, fora da referida área. Nas áreas mais distantes da Lagoa Mundaú as estruturas que afetam o Grupo Barreiras e o latossolo e colúvio, têm direções diversas, sendo, em geral, paralelas às estruturas do Eocretáceo.

Deve-se ressaltar que foram poucos dias de campo, impedindo que se visitasse os locais citados na literatura, com atividade tectônica que afeta o Grupo Barreiras, inclusive com datação desses eventos neogênicos a atuais, tanto ao sul de Maceió, como ao norte, em direção ao Alto de Maragogi. Uma outra campanha seria muito importante para referendar a inferência do caráter particular do que é observado junto à Lagoa Mundaú.

Outros exemplos de afundamento na região nordeste, descritos na literatura, são relacionados a terrenos kártiscos, especialmente na Bacia Potiguar, fora de áreas urbanas. A presença deste AFUNDAMENTO, que atinge parte da Lagoa Mundaú e as rachaduras geograficamente a ele relacionadas, torna este fato ainda mais marcante e preocupante devido à esta área de AFUNDAMENTO coincidir com as minas de extração de sal, em subsuperfície (Figura 17, setor 3), sob responsabilidade da Mineração Braskem, o que leva à potencial associação desta atividade de mineração com o AFUNDAMENTO e as rachaduras.

Discussão Final do 1o Relatório - Até o Workshop

Nesta primeira fase do projeto foi criada uma infraestrutura e um banco de dados que propiciara a investigação do problema do “afundamento” nos bairros Pinheiro, Bebedouro e Mutange utilizando dados geológicos e geofísicos de uma maneira integrada. Por se tratar de uma região de borda de bacia rifte e que teve posteriormente atividade tectônico-sedimentar recorrente, estamos motivados a continuar o estudo da mesma. Os dados sísmicos adquiridos recentemente pela Braskem são limitados, mas acreditamos que as linhas regionais antigas irão ajudar no entendimento da região.

Todas as linhas adquiridas pela Braskem foram convertidas para profundidade e as informações contidas nos registros dos poços digitalizadas. A correlação da geologia com a sísmica está iniciando agora.

O atributo TCVa mostrou um bom potencial para ajudar no entendimento da geologia estrutural da área. Porém, ainda necessitamos de mais pesquisa com os atributos sísmicos para definir um que mostre com clareza o pacote evaporítico.

O estudo dos métodos potenciais definiu importantes estruturas formadas na fase de ruptura continental na área. Através da modelagem dos métodos potenciais uma hipótese bastante interessante para o intumescimento, ou espessamento das camadas de evaporitos abaixo da área afetada está sendo proposto. Esta hipótese será corroborada com os próximos estudos de sísmica e aprofundamento das análises dos métodos potenciais.

O reconhecimento de campo executado foi fundamental para um real entendimento das dimensões da situação em Maceió. Aparentemente, a subsidência extrema está diretamente associada à região da lavra de sal, tendo em conta que as deformações neotectônicas e de tectônica ativa obedecem a campos de tensões distintos na área alvo, junto à Lagoa Mundaú e nas áreas adjacentes a ela.

Sugerimos uma nova campanha de estudos dos afloramentos, em pontos chaves, com eventos deformacionais já datados, para que medições e análises estruturais sejam feitas e comparadas com a área alvo.

Sugerimos também que, se possível, uma campanha de microgravimetria seja realizada nos bairros afetados, o que permitiria o entendimento em detalhe da estrutura de subsuperfície e melhor correlação com os dados sísmicos.

Sugerimos também a prorrogação do projeto por mais seis meses, além do prazo original, para que todas as análises sejam feitas de maneira integrada.

2º RELATÓRIO DO TED CPRM/SERVIÇO GEOLÓGICO DO BRASIL – UFF

Etapa 6.1 - Mapeamento das Cavernas Resultantes da Exploração do Sal

Etapa 6.2 - Aplicação de Atributos Sísmicos em dados Pós-Empilhados : Interpretação Sísmica Regional. Completam esta Etapa os arquivos SEG-Y, relativos a três atributos sísmicos distintos: TECVA, PHASE e IMPEDÂNCIA, que foram encaminhados em meio digital, no dia 16/11/2020

Etapa 7.1 – Interpretação Conjugada Sísmica - Gravimetria

Etapa 6.1 – Mapeamento das Cavernas Resultantes da Exploração do Sal

6.1- Mapeamento das cavernas resultantes da exploração do sal

Devido à baixa qualidade dos dados sísmicos 2D recebidos do processamento (provavelmente por problemas relacionados aos parâmetros empregados na Aquisição Sísmica), não foi possível, mesmo com a aplicação dos atributos de processamento pós-empilhamento, utilizados e citados no item 6.2; imagear as cavernas, nas posições dos poços perfurados para a exploração do sal na região. Vale acrescentar, que foi enviado em, formato SEG-Y, um arquivo PPT com 155 slides, com todas as linhas do Projeto da CPRM, processadas pós-empilhamento e interpretadas, sempre fazendo à comparação com o dado final empilhado e migrado, recebido do processamento, onde se observa acentuada melhoria.

Acreditamos que numa próxima etapa, utilizando dados sísmicos de melhor qualidade e Inversão para Impedância Acústica Pós-Empilhamento de Alta Resolução, seja possível imagear as cavernas nas posições dos poços existentes em cada uma das linhas 2D do Projeto da CPRM.

6.1- Mapeamento das cavernas resultantes da exploração do sal

Cabe lembrar, que os slides 14 e 15 do CURSO DE SÍSMICA CPRM – PROCESSAMENTO DE REFLEXÃO SÍSMICA, cujo SEG-Y já foi enviado, mostram o imageamento de uma possível caverna, na posição de um poço, na ES-0384 RL-0102, após um último teste realizado pelo Grupo da UFF, sempre tentando acrescentar melhorias ao dado sísmico, que consiste na aplicação do novo fluxo de inversão para impedância acústica pós-empilhamento de alta resolução no dado final, empilhado e migrado, recebido do processamento. Foi um esforço final, para mostrar que a nossa Equipe está capacitada para mapear, mesmo com dados 2D, possíveis cavernas existentes na posição dos poços, como mostram os referidos slides com atributos de inversão (slide 14) e de fase (slide 15).

PS: Vide observação final da Etapa 6.2.

Etapa 6.2 – Aplicação de Atributos Sísmicos em dados Pós-Empilhados : Interpretação Sísmica Regional
Completam esta Etapa os SEG-Y enviados em 16/11/2020

6.2- Aplicação de atributos sísmicos em dados pós-empilhamento

Foram aplicados os atributos sísmicos, listados mais abaixo, nos dados pós-empilhamento, recebidos do processamento, que mesmo tendo melhorado, consideravelmente, à qualidade/resolução dos dados sísmicos, não foi suficiente para imagear as cavernas, nas posições dos poços, em cada linha 2d do projeto.

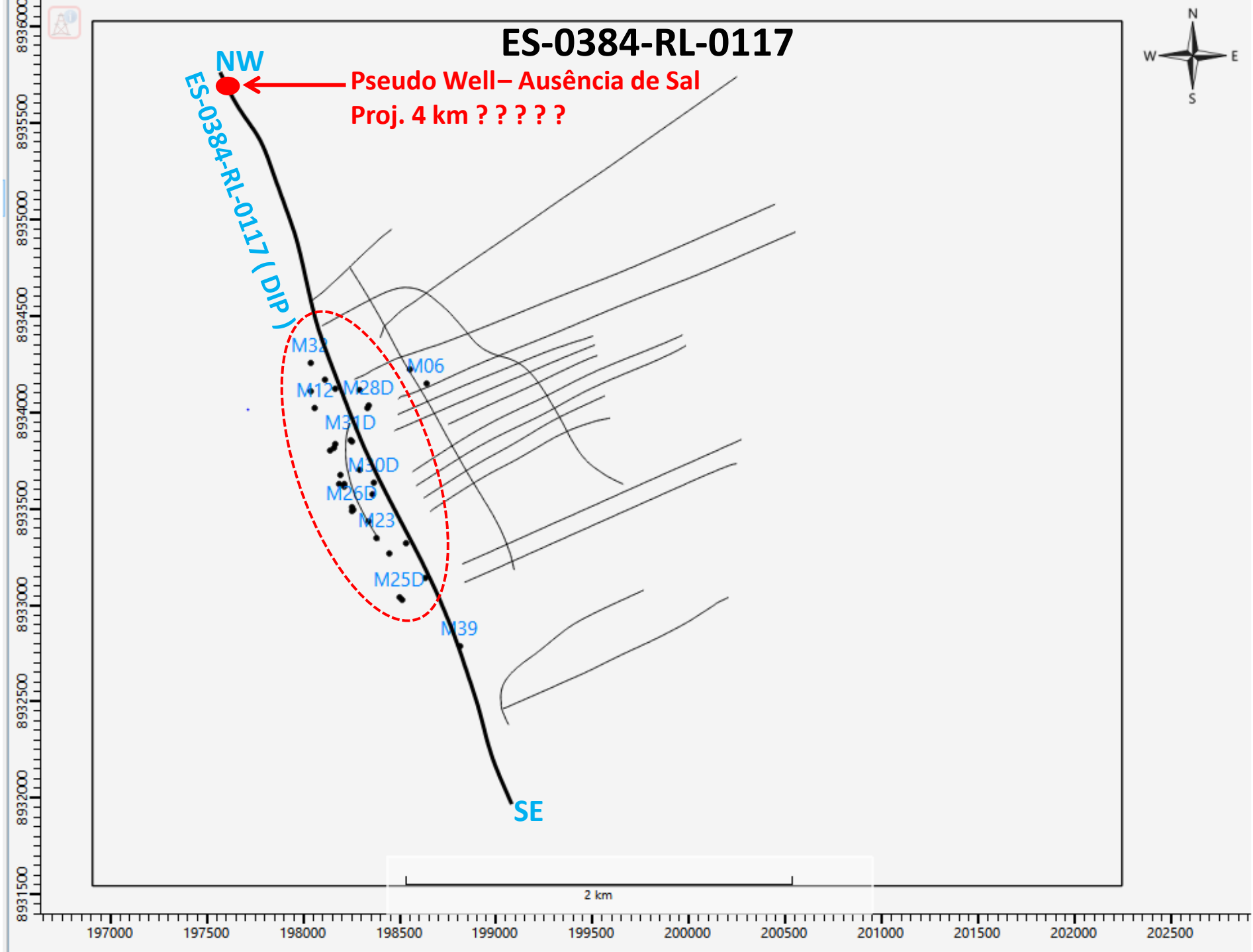
Atributos aplicados nos dados sísmicos, pós-empilhamento, recebidos após o processamento pela CPGeo (Centro Potiguar de Geociências), que resultaram na Inversão para Impedância Acústica:

Filtro passa bandas (Trapezoidal) de frequências na faixa de 5hz à 100 hz; filtro debias, com janela de 100 amostras, para correção do campo de ondas alterado por ruídos, possibilitando assim o aumento da resolução vertical; filtro despiking para atenuação de ruídos aleatórios (Limite máximo, para não comprometer as amplitudes dos dados sísmicos da área); Integração para Impedância Acústica Relativa (Inversão). Este atributo calcula a soma parcial do traço, e em seguida se aplica um filtro corta baixas (Trapezoidal) de frequências, que no caso foi de 5hz à 65 hz.

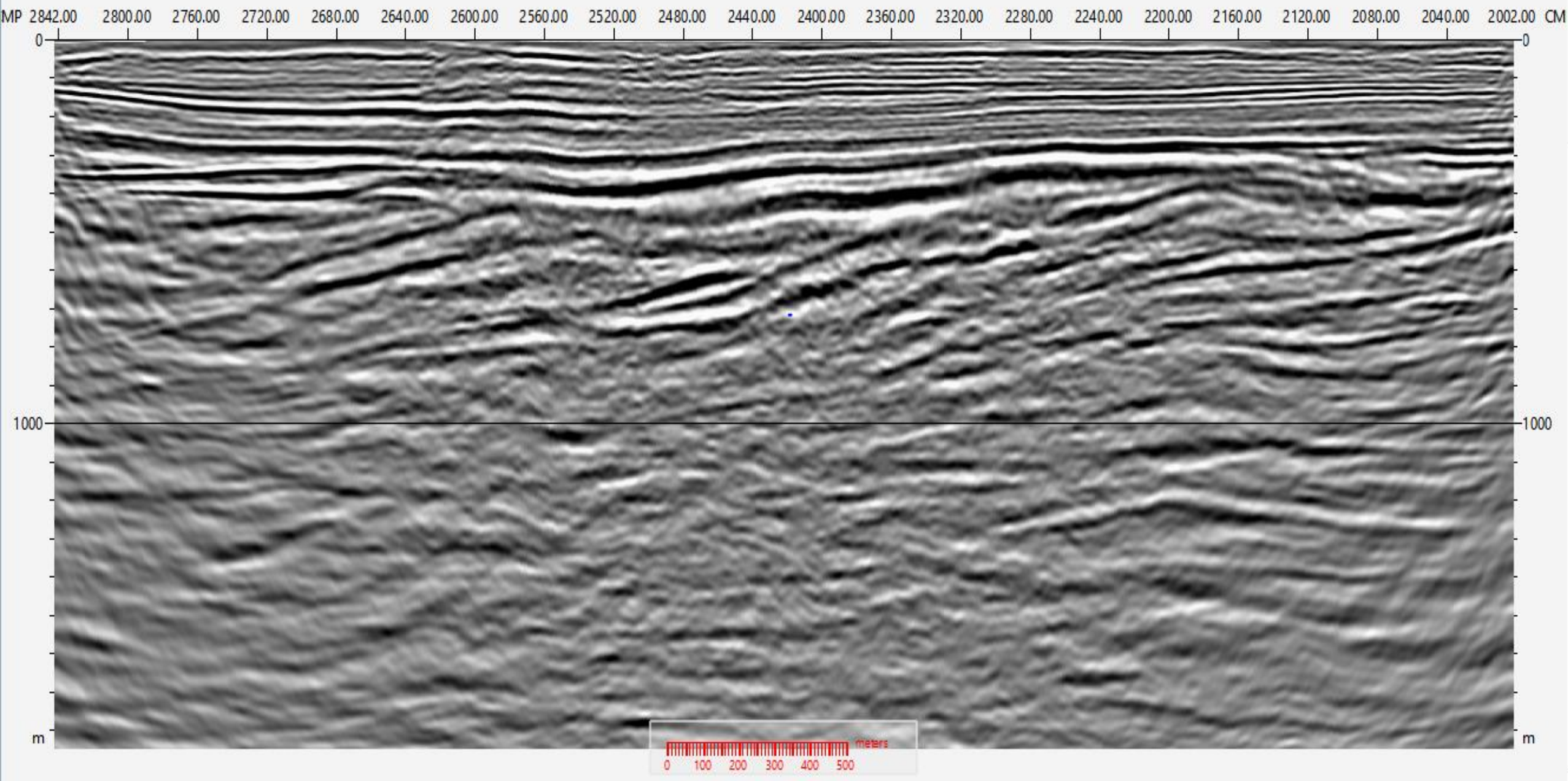
6.2- Aplicação de atributos sísmicos em dados pós-empilhamento

Também foram geradas seções 2D de valores absolutos para todas as linhas do projeto, com aplicação posterior do filtro debias (Já explicado, anteriormente) e rotação de fase de 90 graus (Phase Rotation), facilitando à visualização de estruturas e mapeamento das falhas. Também foi utilizado o atributo Amplitude – Weighted Instantaneous Phase, para confirmação de falhas geológicas, e mapeamento do topo e da base do sal em todas as linhas 2D do Projeto da CPRM.

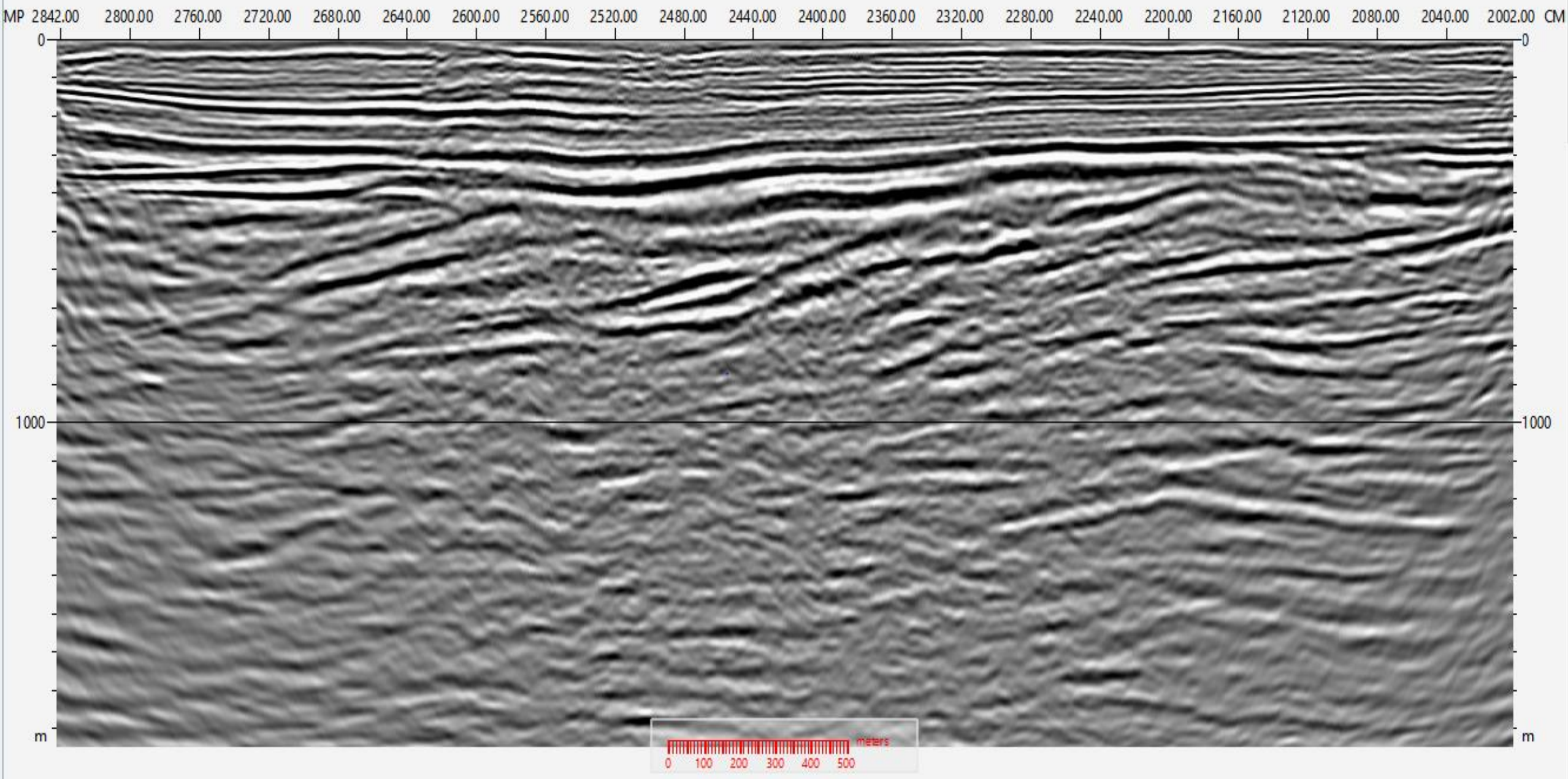
OBS: Com respeito aos novos dados, adquiridos e processados, da Sub-Bacia de Alagoas, serão empregados atributos de inversão dos dados sísmicos pós- empilhamento de alta resolução, para o imageamento das cavernas geradas pelos poços de exploração do sal, em todas as linhas 2D do Projeto. Devido à redução da densidade e da velocidade onde há cavernas, provavelmente, ocorrerão hiatos nos dados sísmicos registrados, que poderão ser detectados pelo método de Inversão para Impedância Acústica Pós-Empilhamento de Alta Resolução.



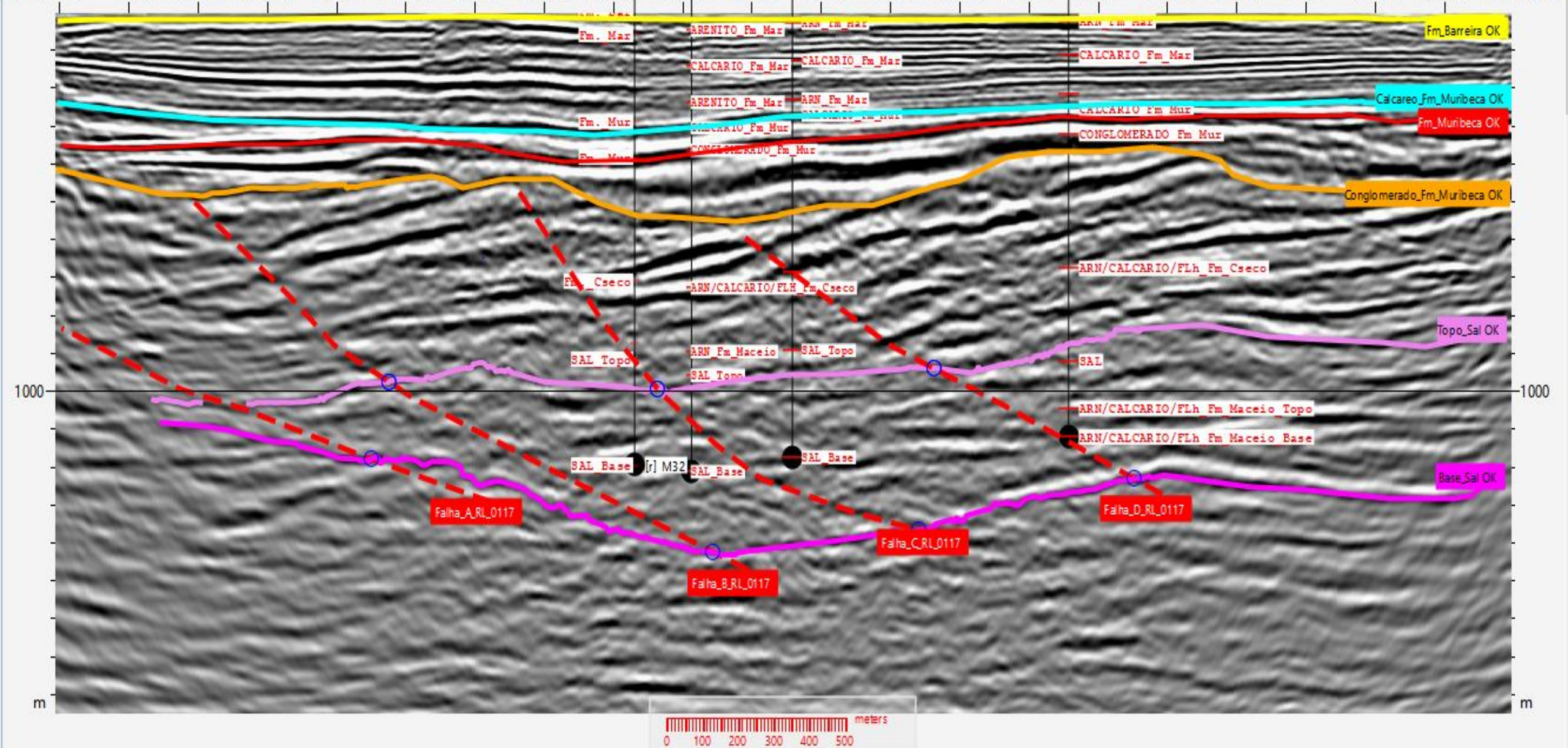
ES-0384-RL-0117- DADO SÍSMICO RECEBIDO DO PROCESSAMENTO



ES-0384-RL-0117-INVERSÃO PARA IMPEDÂNCIA ACÚSTICA -SEM INTERPRETAÇÃO

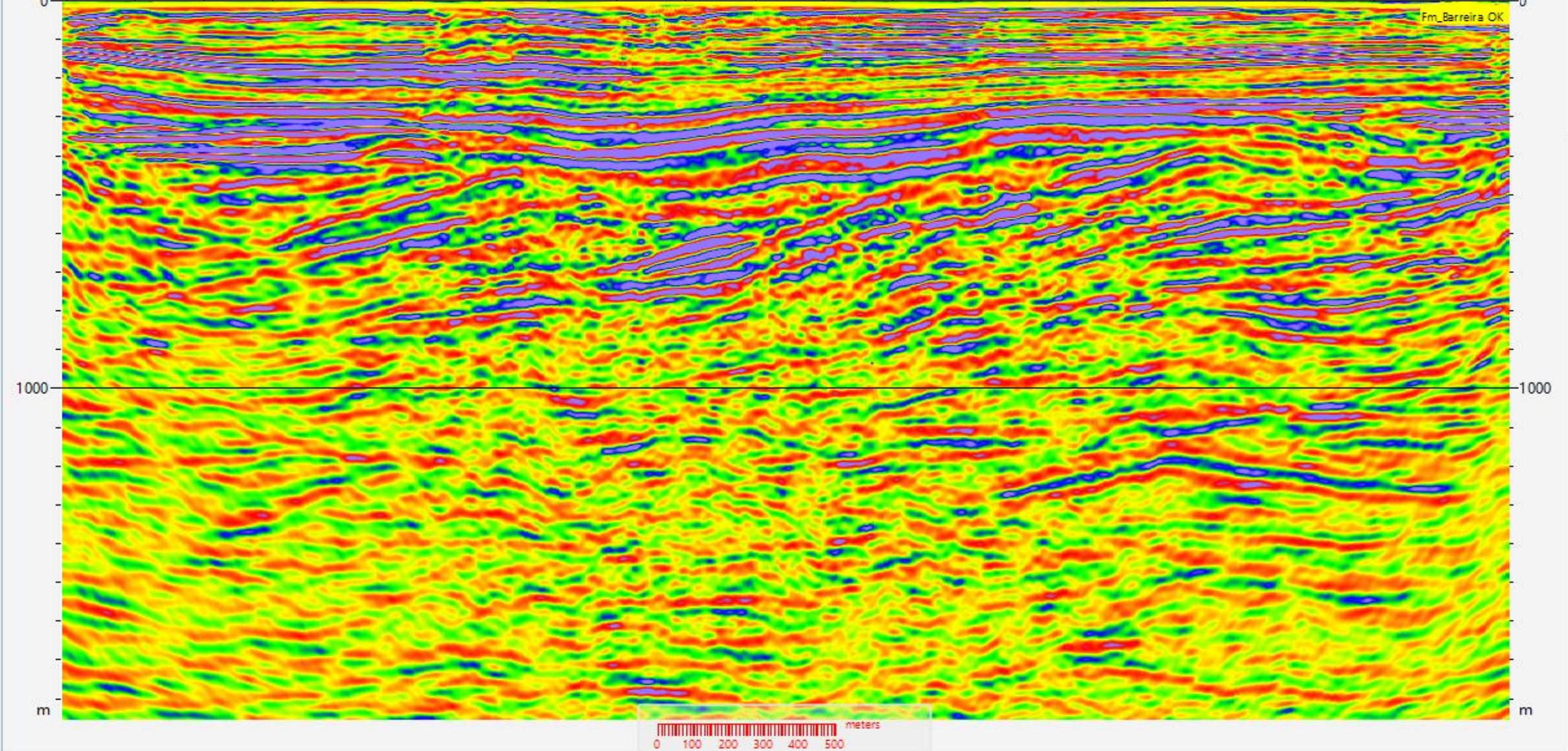


MP	2842.00	2800.00	2760.00	2720.00	2680.00	2640.00	2600.00	2560.00	2520.00	2480.00	2440.00	2400.00	2360.00	2320.00	2280.00	2240.00	2200.00	2160.00	2120.00	2080.00	2040.00	2002.00	CM
----	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	----

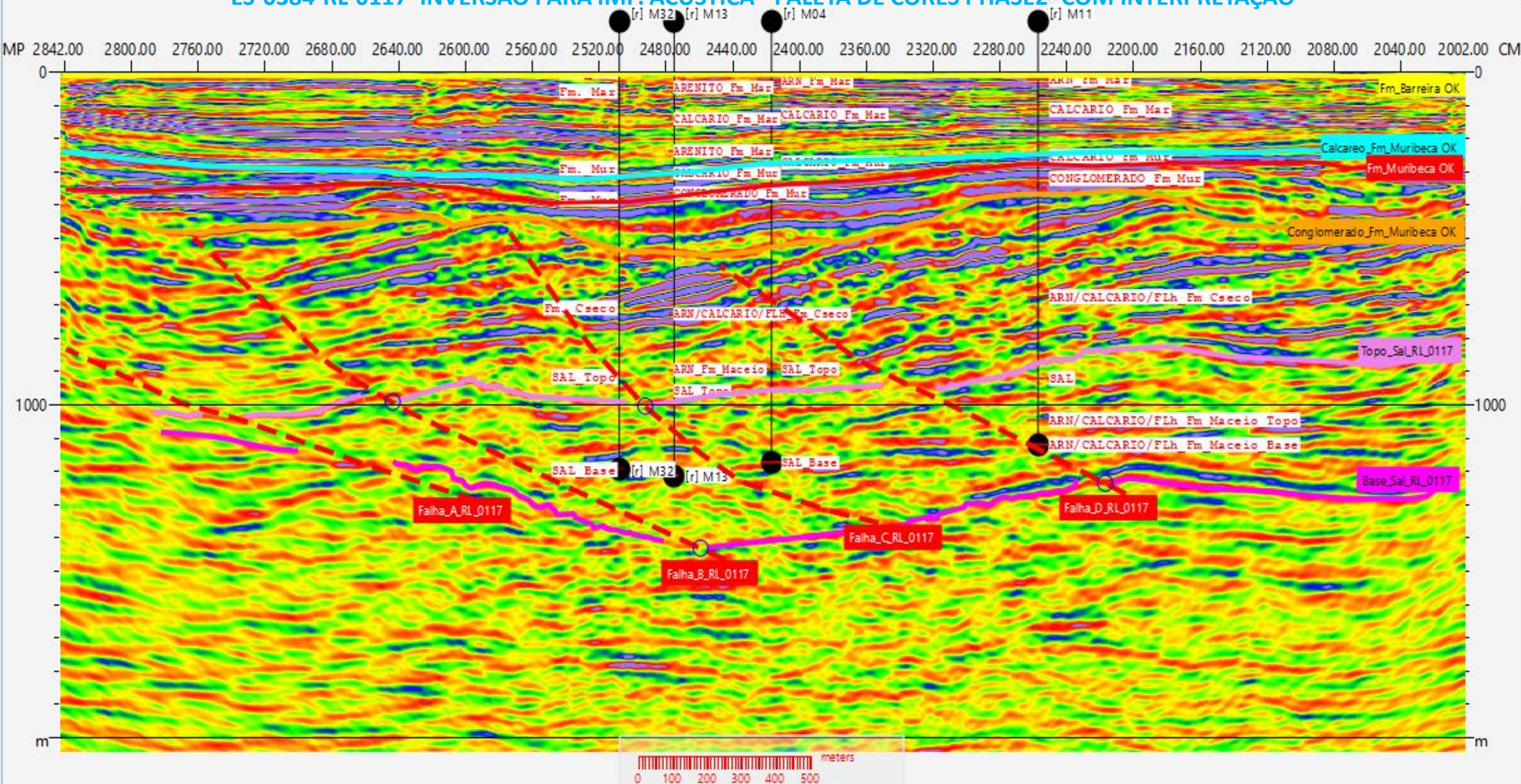


ES-0384-RL-0117- INVERSÃO PARA IMP. ACÚSTICA - PALETA DE CORES PHASE2- SEM INTERPRETAÇÃO

MP 2842.00 2800.00 2760.00 2720.00 2680.00 2640.00 2600.00 2560.00 2520.00 2480.00 2440.00 2400.00 2360.00 2320.00 2280.00 2240.00 2200.00 2160.00 2120.00 2080.00 2040.00 2002.00 CM

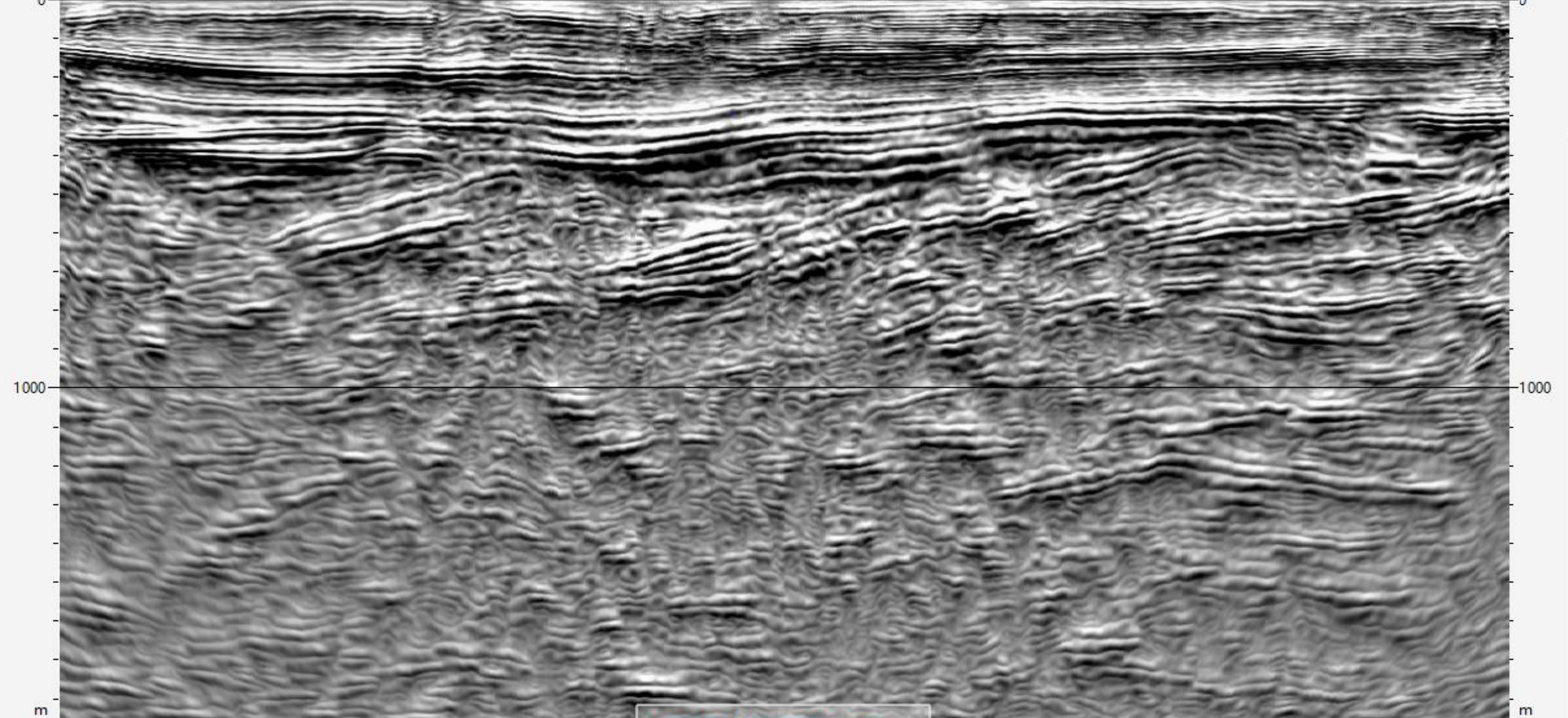


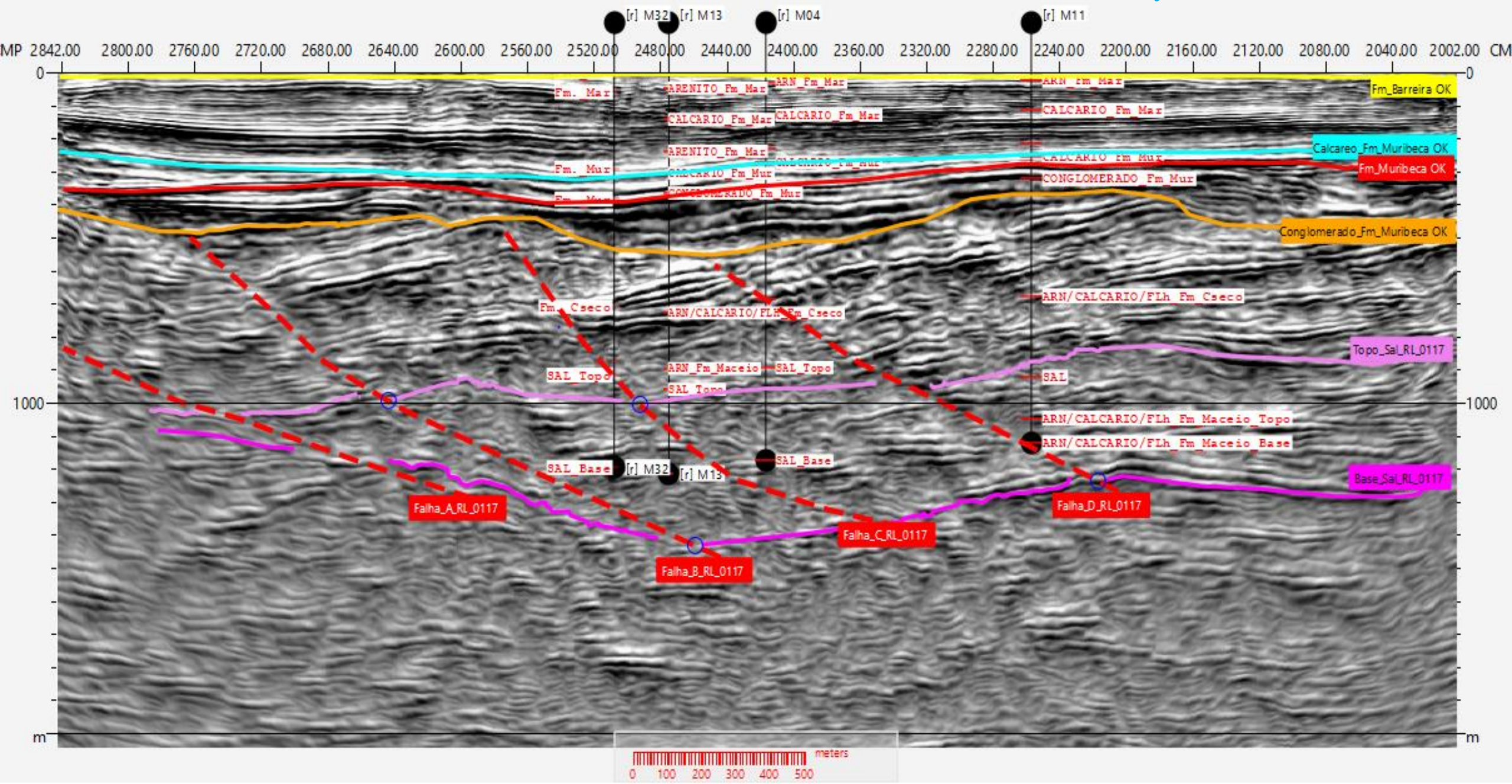
ES-0384-RL-0117- INVERSÃO PARA IMP. ACÚSTICA - PALETA DE CORES PHASE2- COM INTERPRETAÇÃO



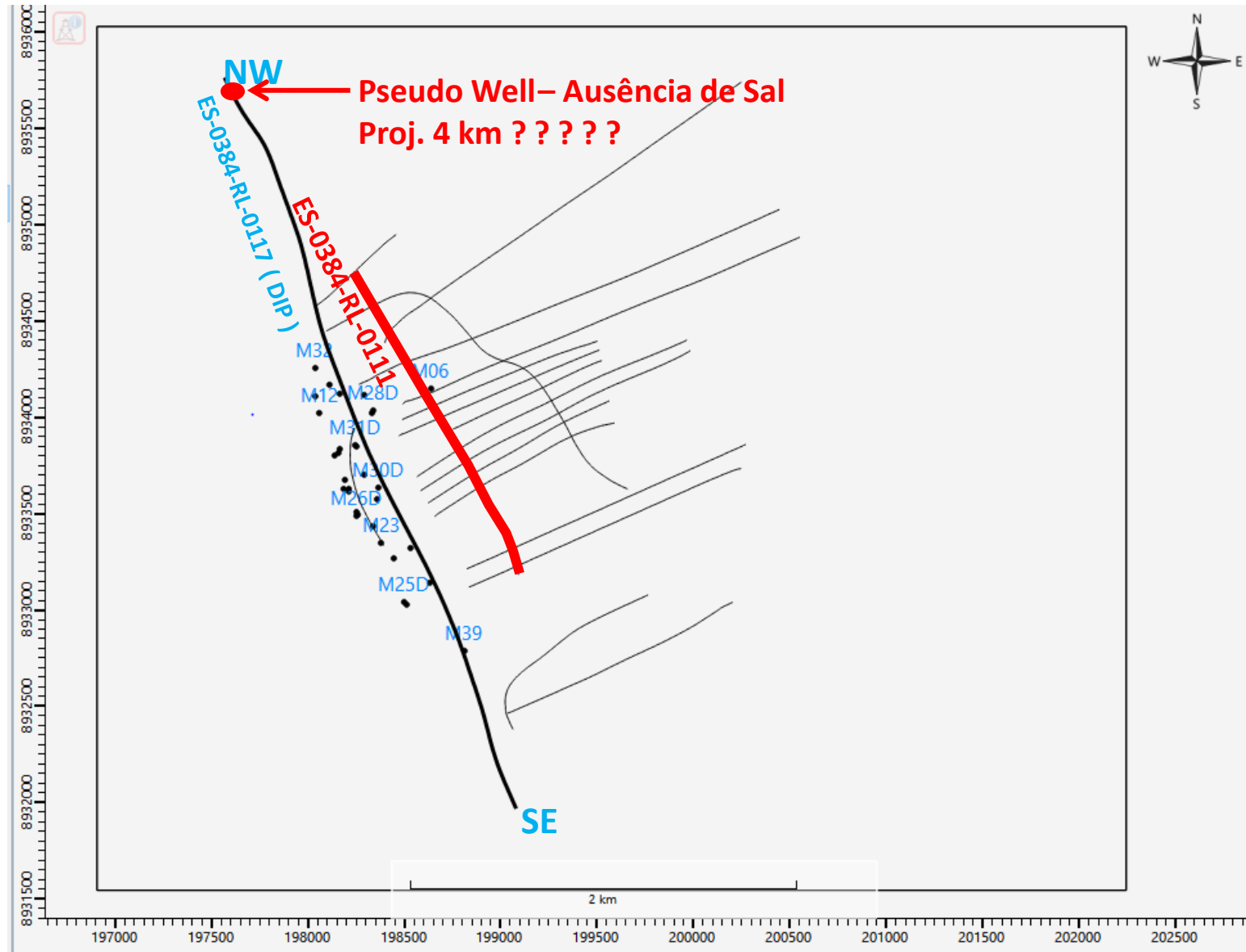
ES-0384-RL-0117-INVERSÃO PARA IMPEDÂNCIA ACÚSTICA - VOL- AMP -SEM INTERPRETAÇÃO

MP 2842.00 2800.00 2760.00 2720.00 2680.00 2640.00 2600.00 2560.00 2520.00 2480.00 2440.00 2400.00 2360.00 2320.00 2280.00 2240.00 2200.00 2160.00 2120.00 2080.00 2040.00 2002.00 CM

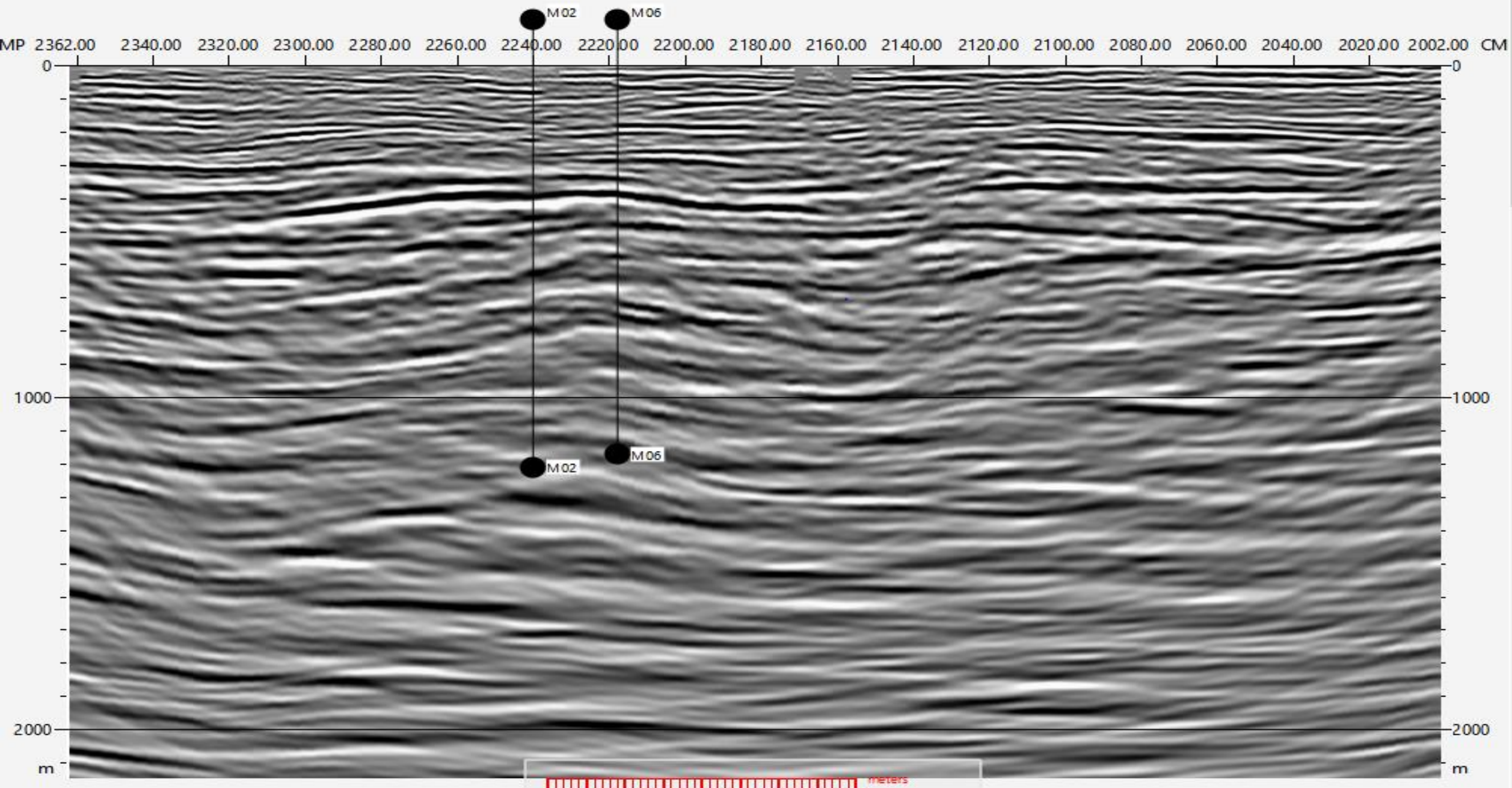




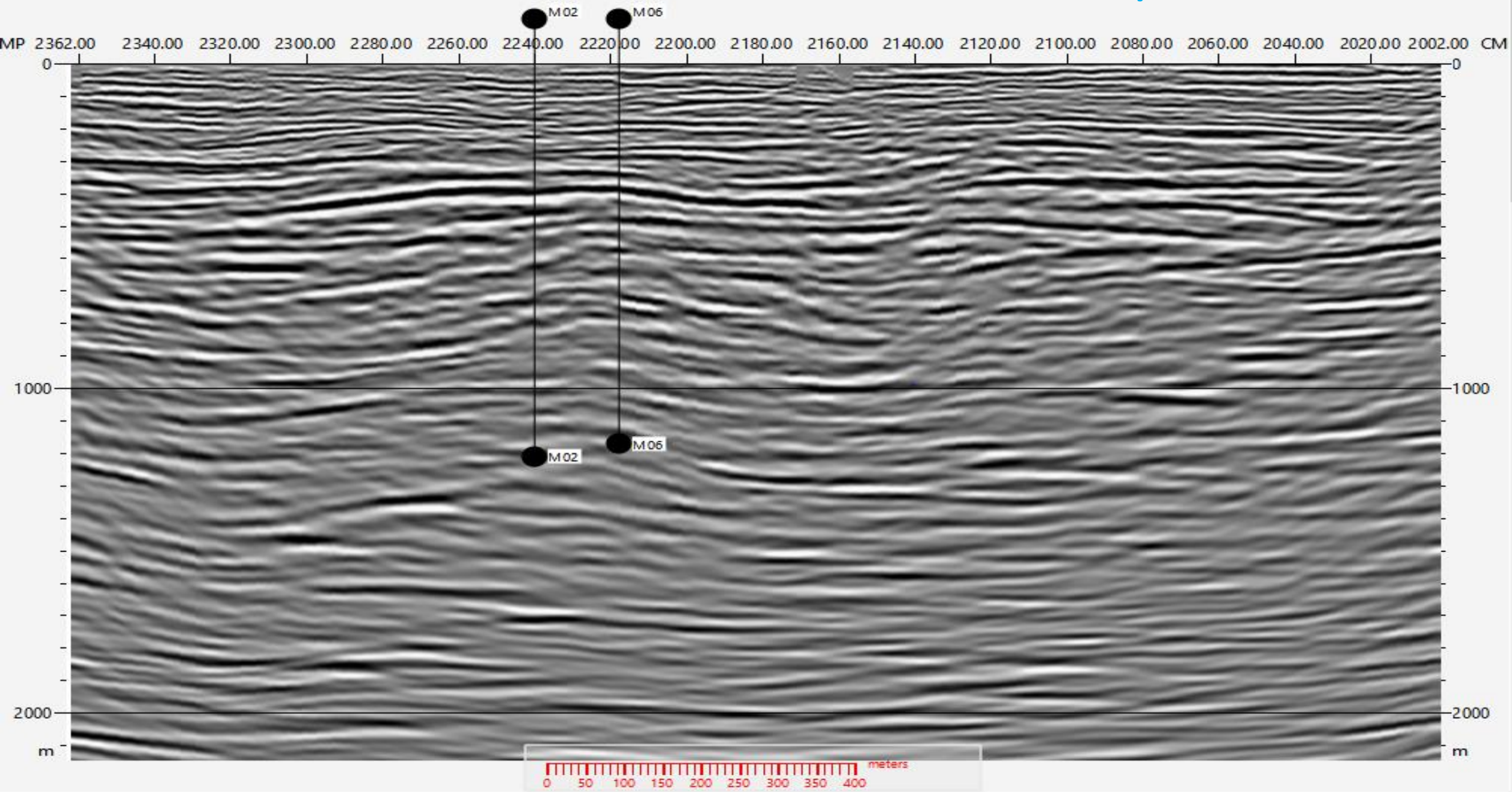
ES-0384-RL-0111



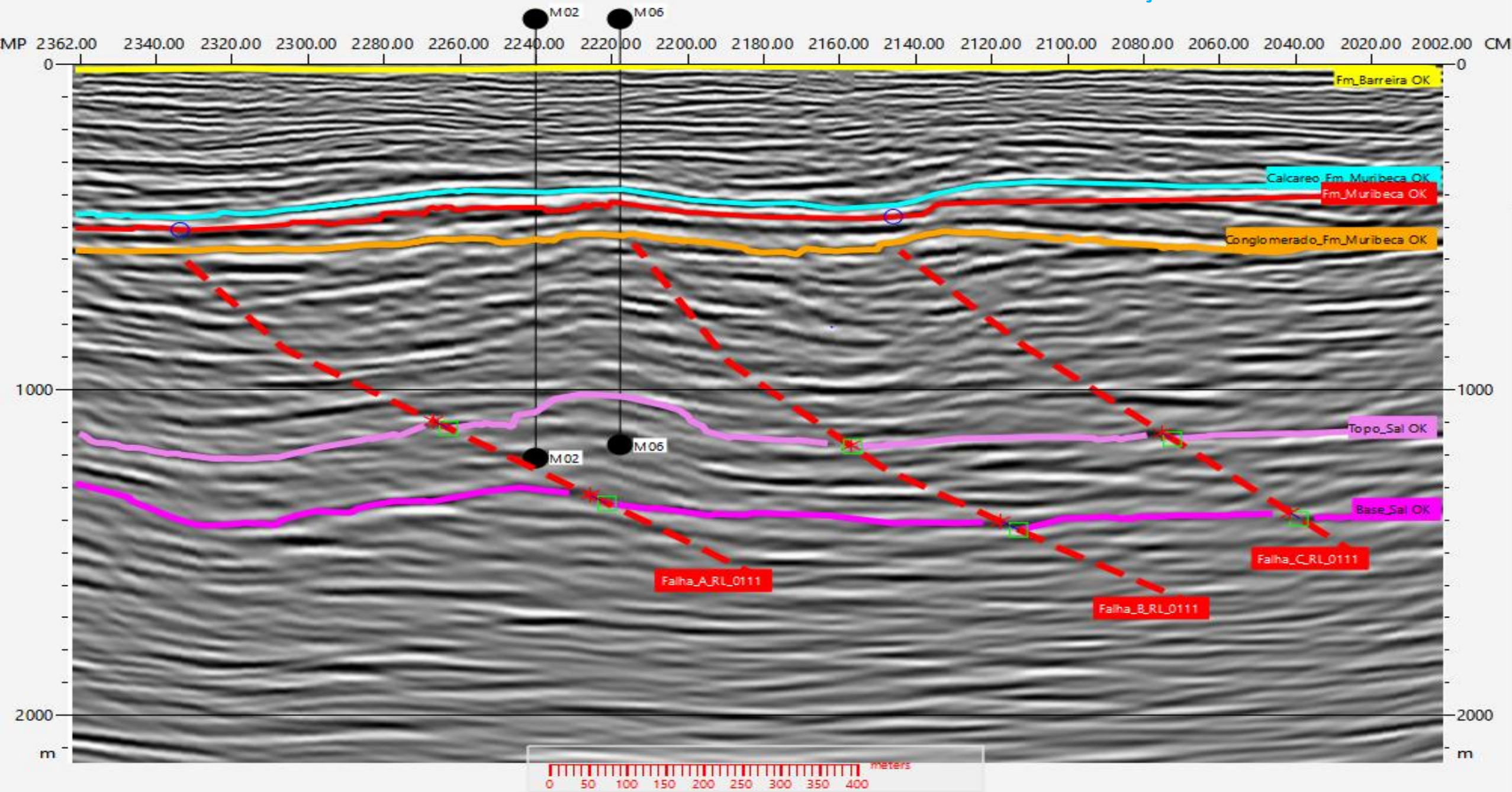
ES-0384-RL-0111-DADO RECEBIDO DO PROCESSAMENTO - SEM INTERPRETAÇÃO



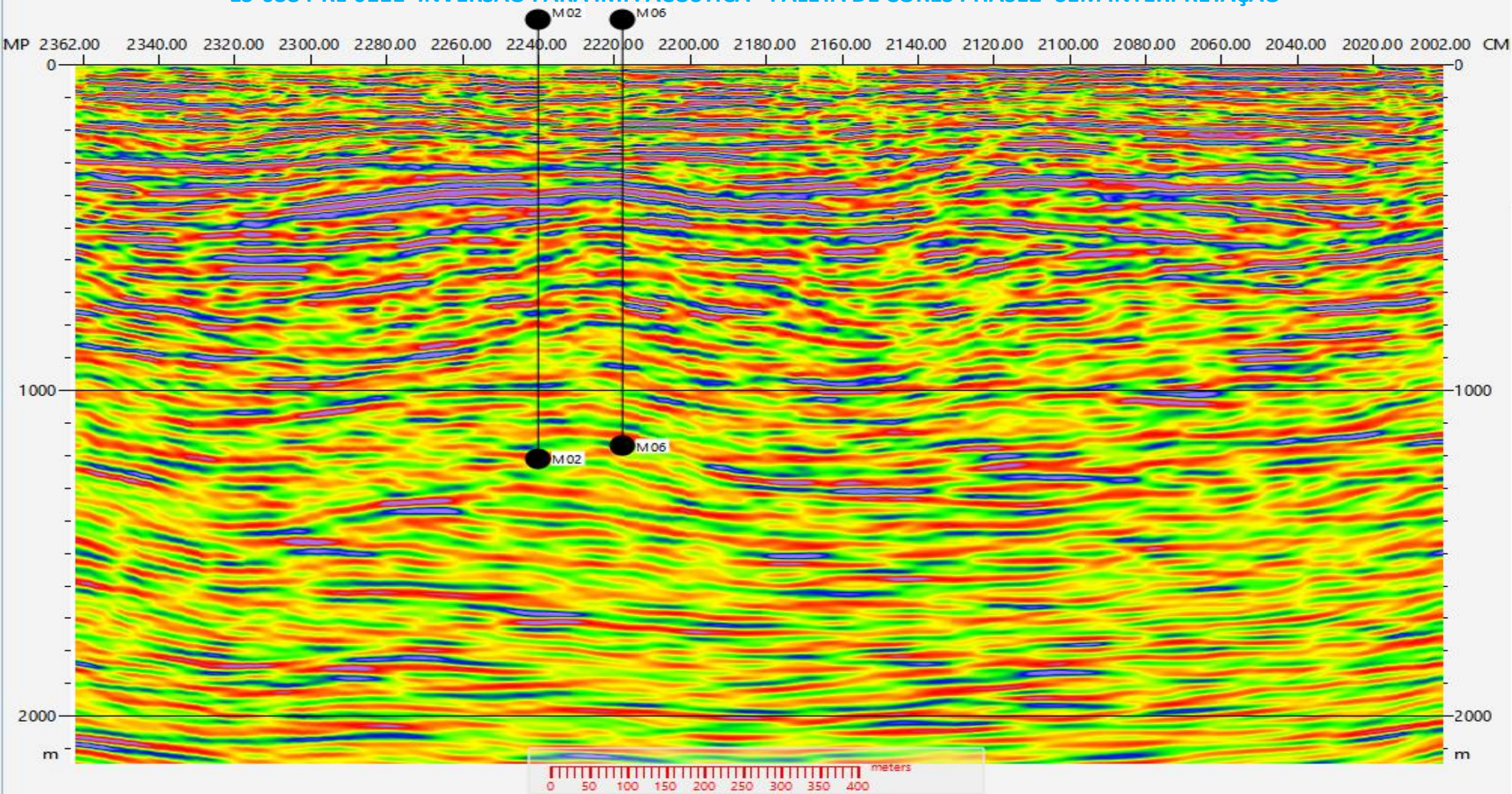
ES-0384-RL-0111-INVERSÃO PARA IMPEDÂNCIA ACÚSTICA -SEM INTERPRETAÇÃO



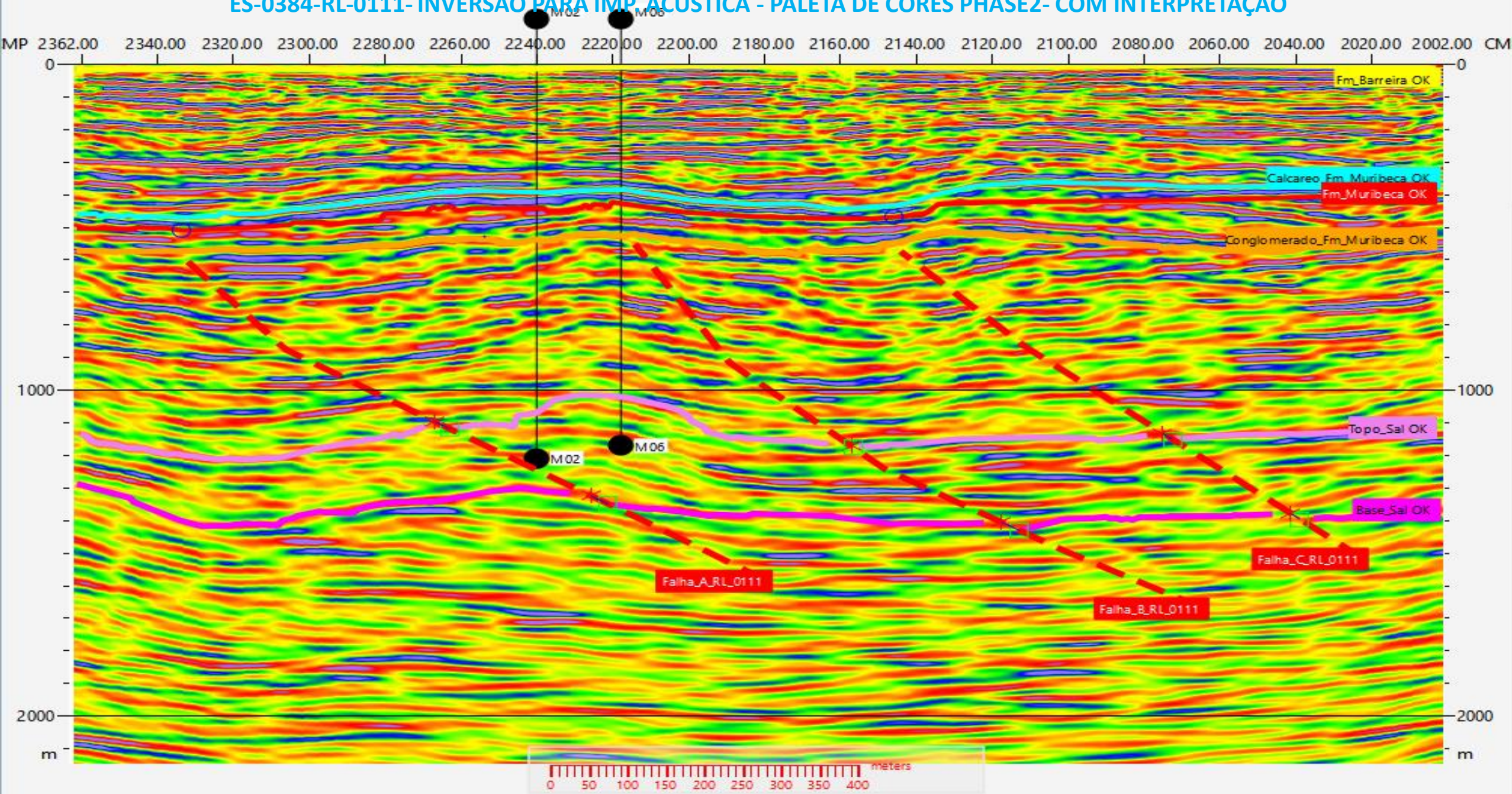
ES-0384-RL-0111-INVERSÃO PARA IMPEDÂNCIA ACÚSTICA -COM INTERPRETAÇÃO



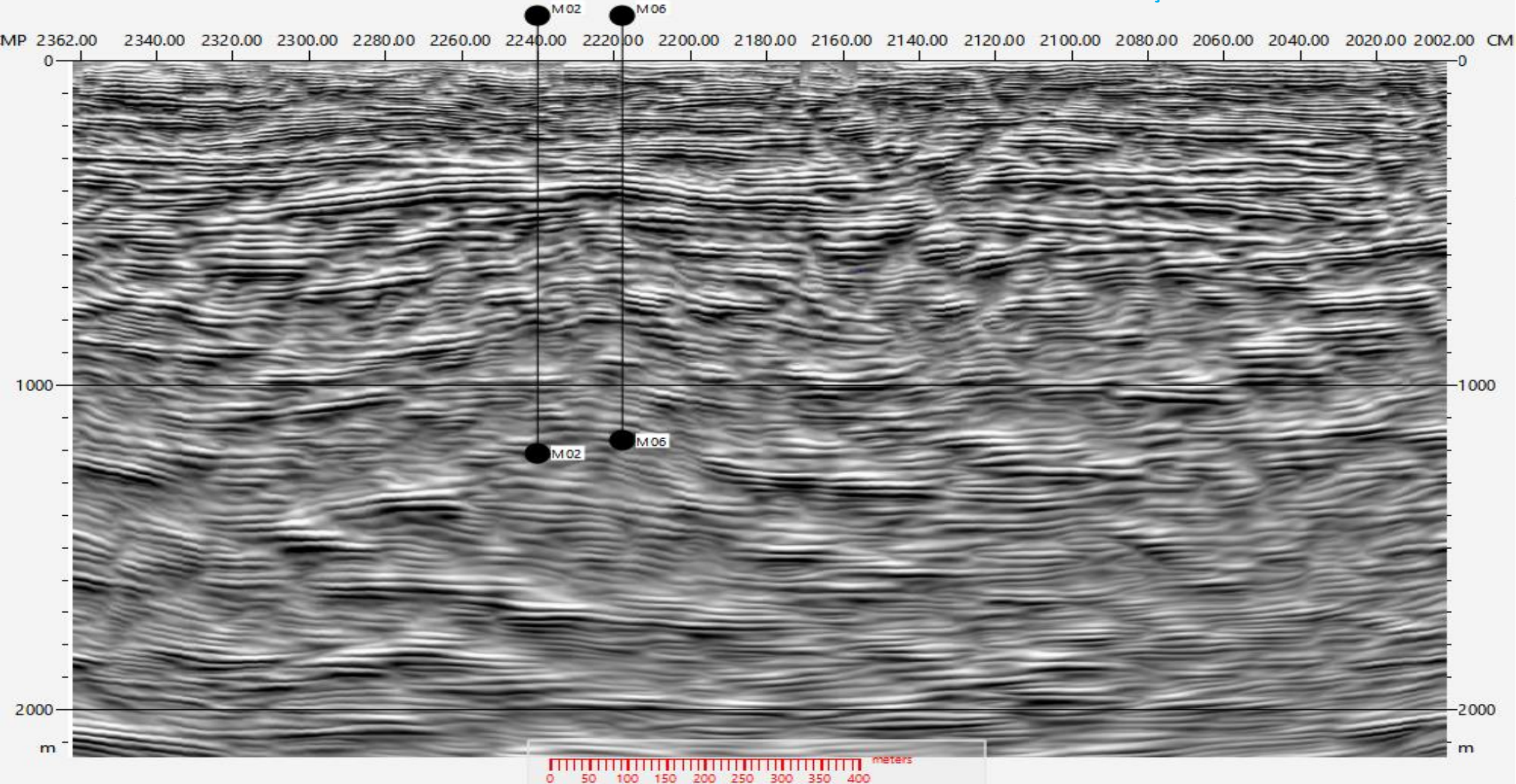
ES-0384-RL-0111- INVERSÃO PARA IMP. ACÚSTICA - PALETA DE CORES PHASE2- SEM INTERPRETAÇÃO



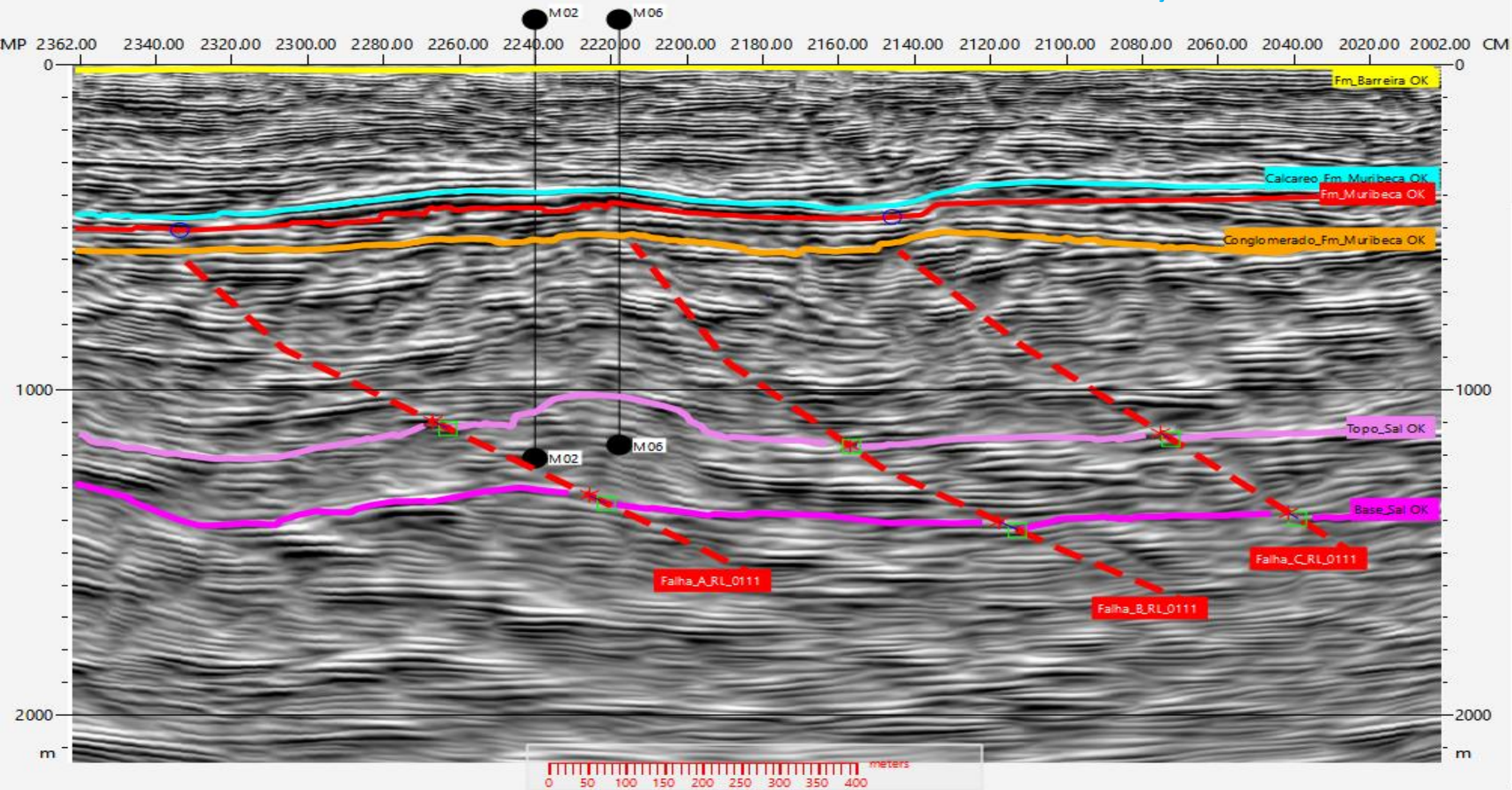
ES-0384-RL-0111- INVERSÃO PARA IMP. ACÚSTICA - PALETA DE CORES PHASE2- COM INTERPRETAÇÃO



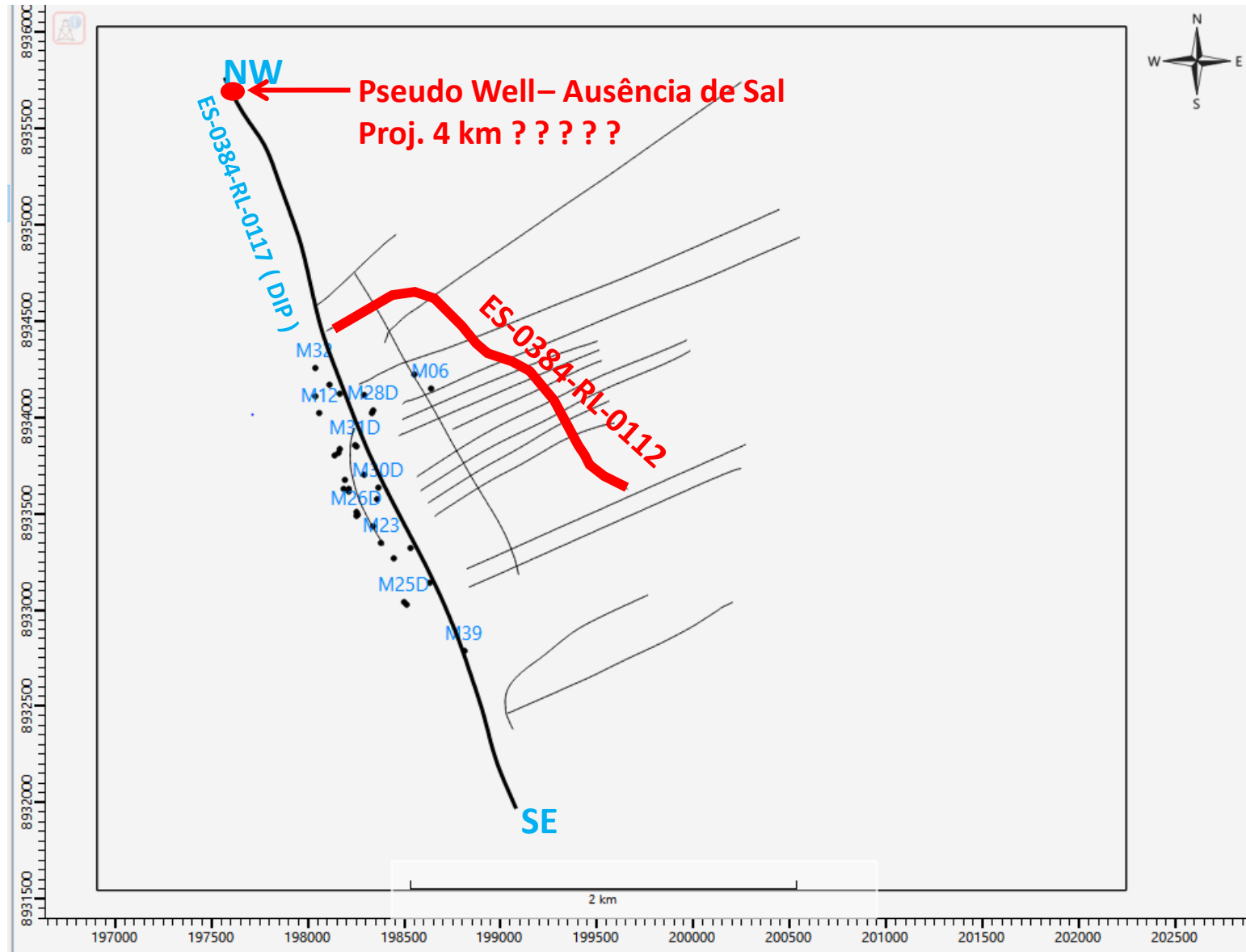
ES-0384-RL-0111-INVERSÃO PARA IMPEDÂNCIA ACÚSTICA - VOL- AMP -SEM INTERPRETAÇÃO



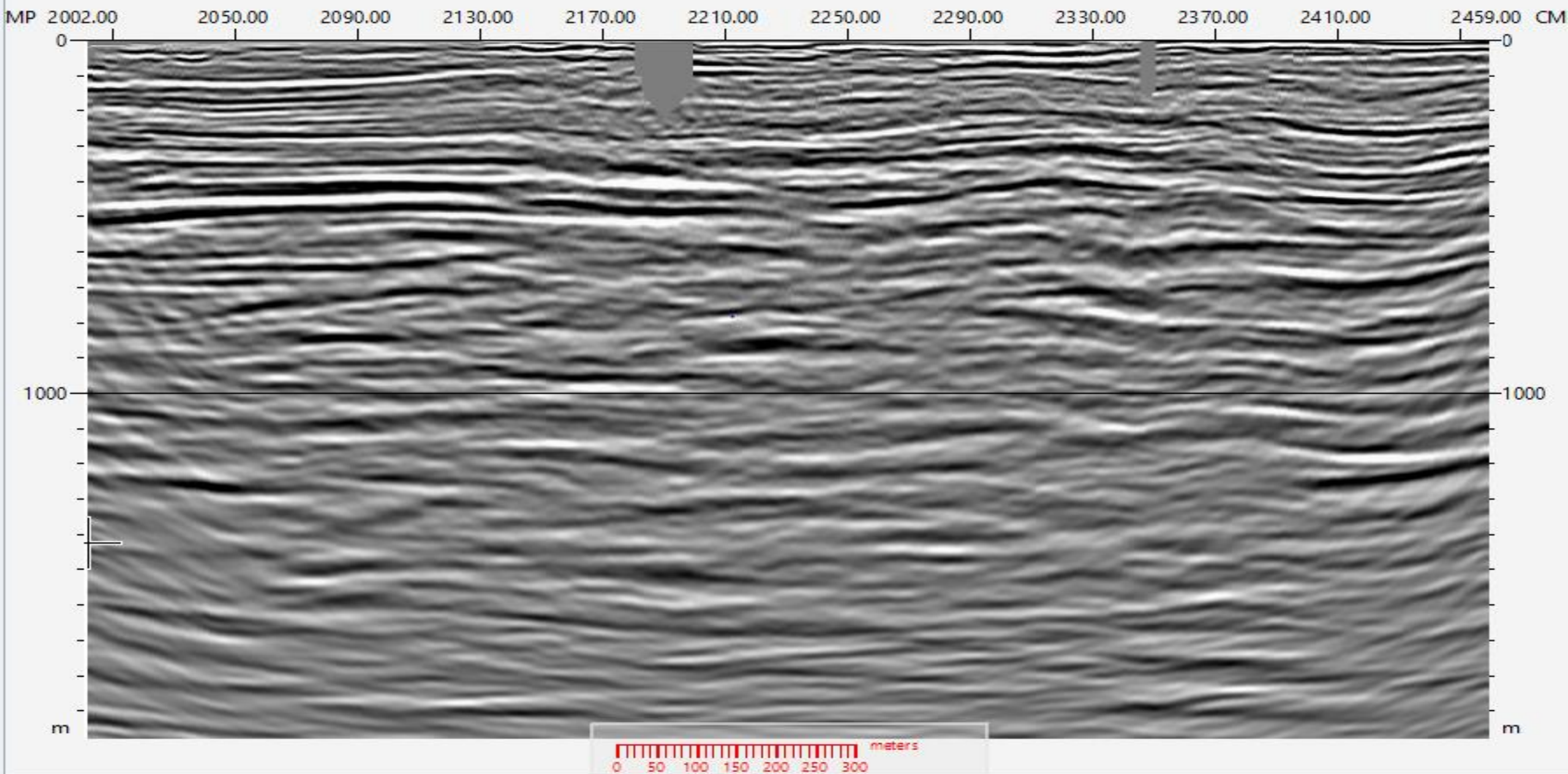
ES-0384-RL-0117-INVERSÃO PARA IMPEDÂNCIA ACÚSTICA - VOL- AMP – COM INTERPRETAÇÃO



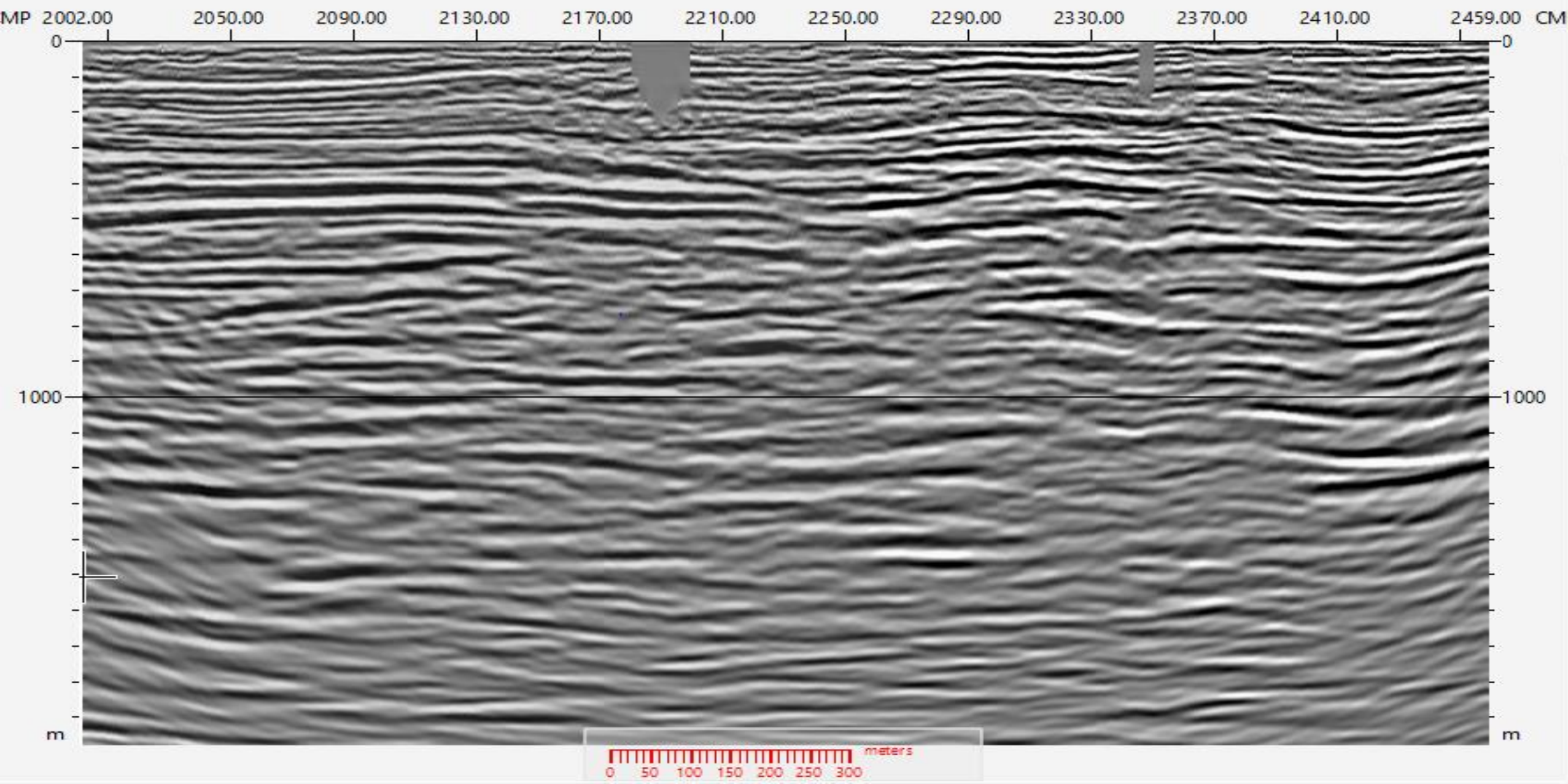
ES-0384-RL-0112



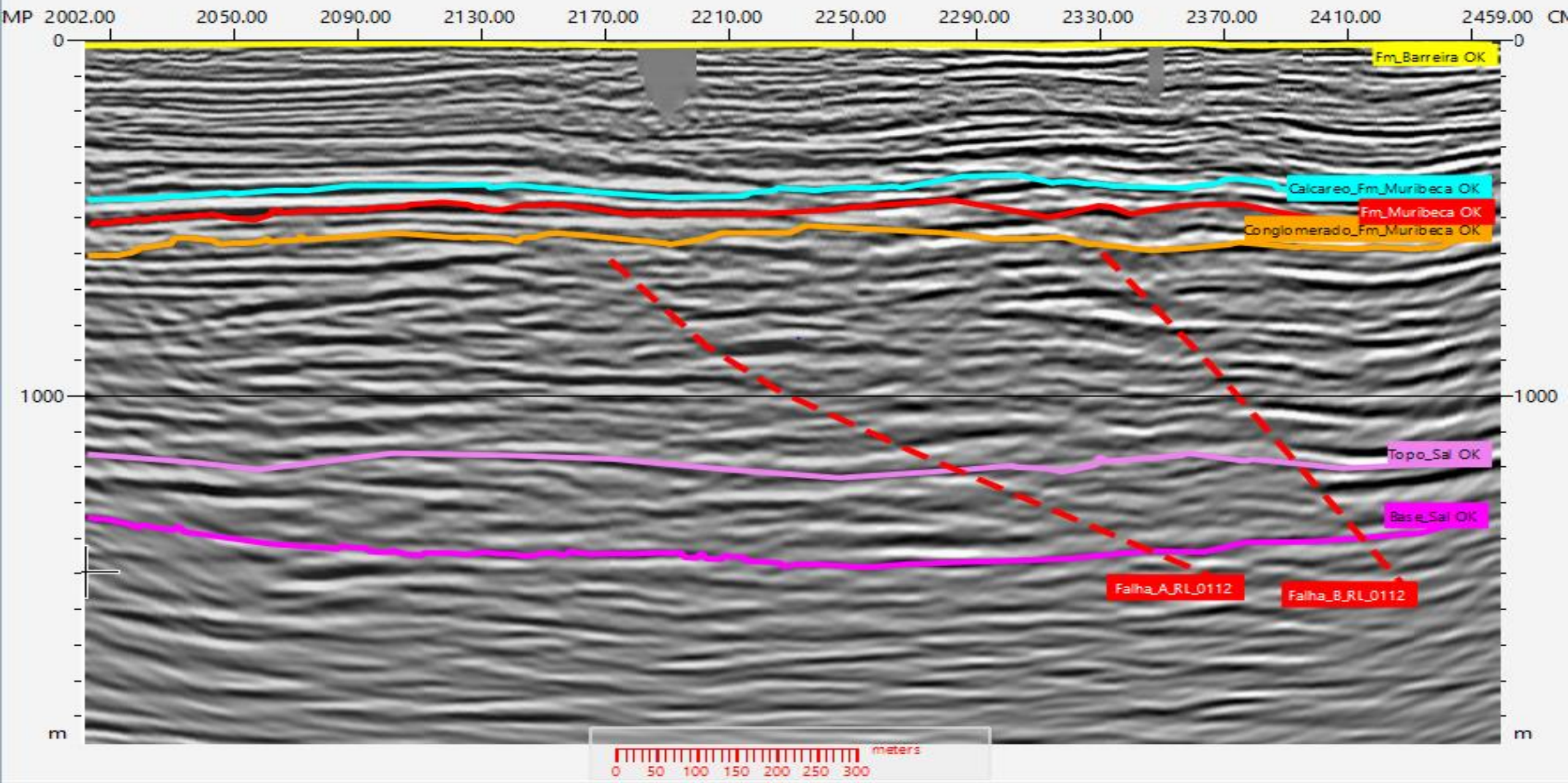
ES-0384-RL-0112-DADO RECEBIDO DO PROCESSAMENTO - SEM INTERPRETAÇÃO



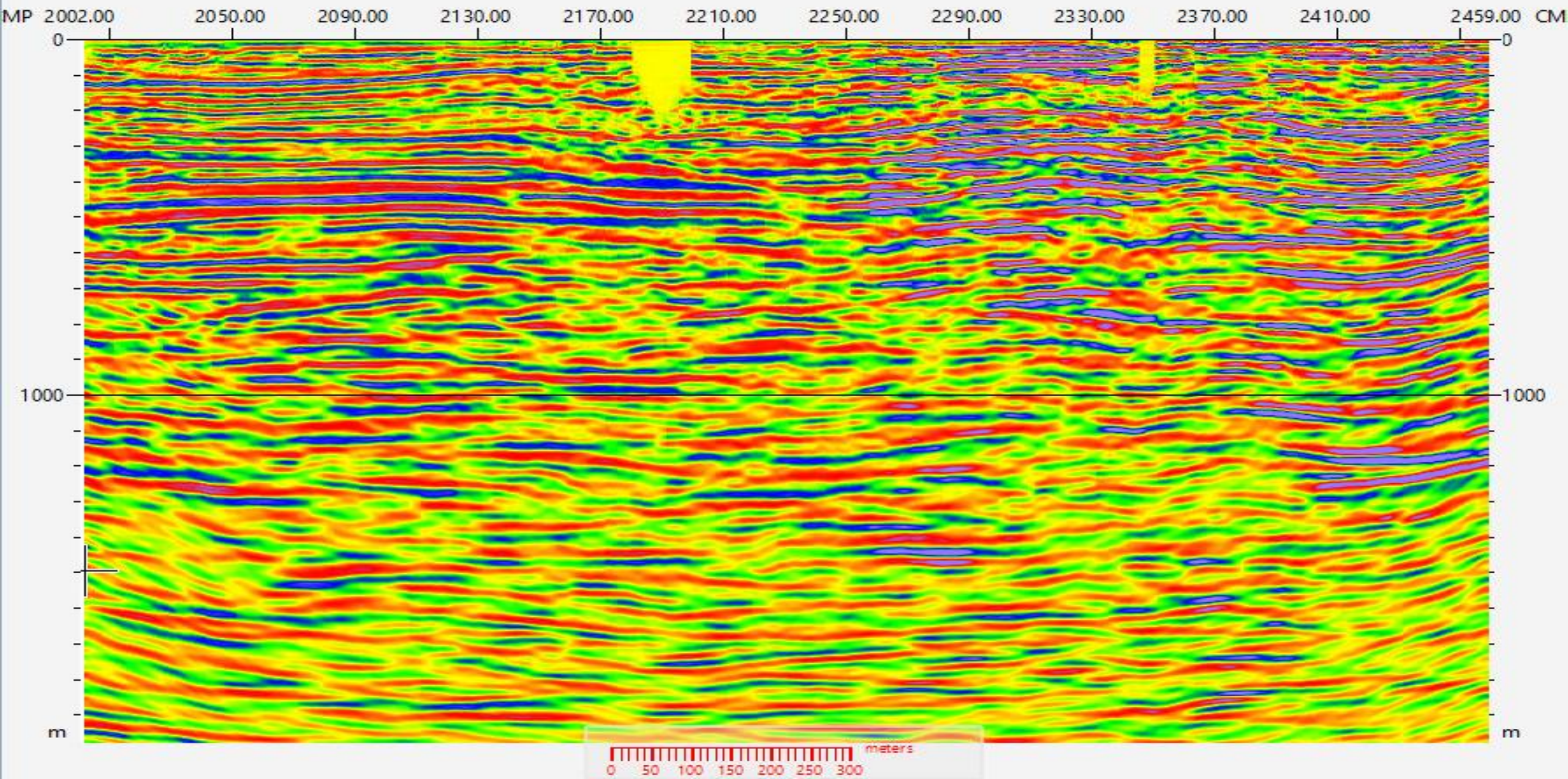
ES-0384-RL-0111-INVERSÃO PARA IMPEDÂNCIA ACÚSTICA -SEM INTERPRETAÇÃO



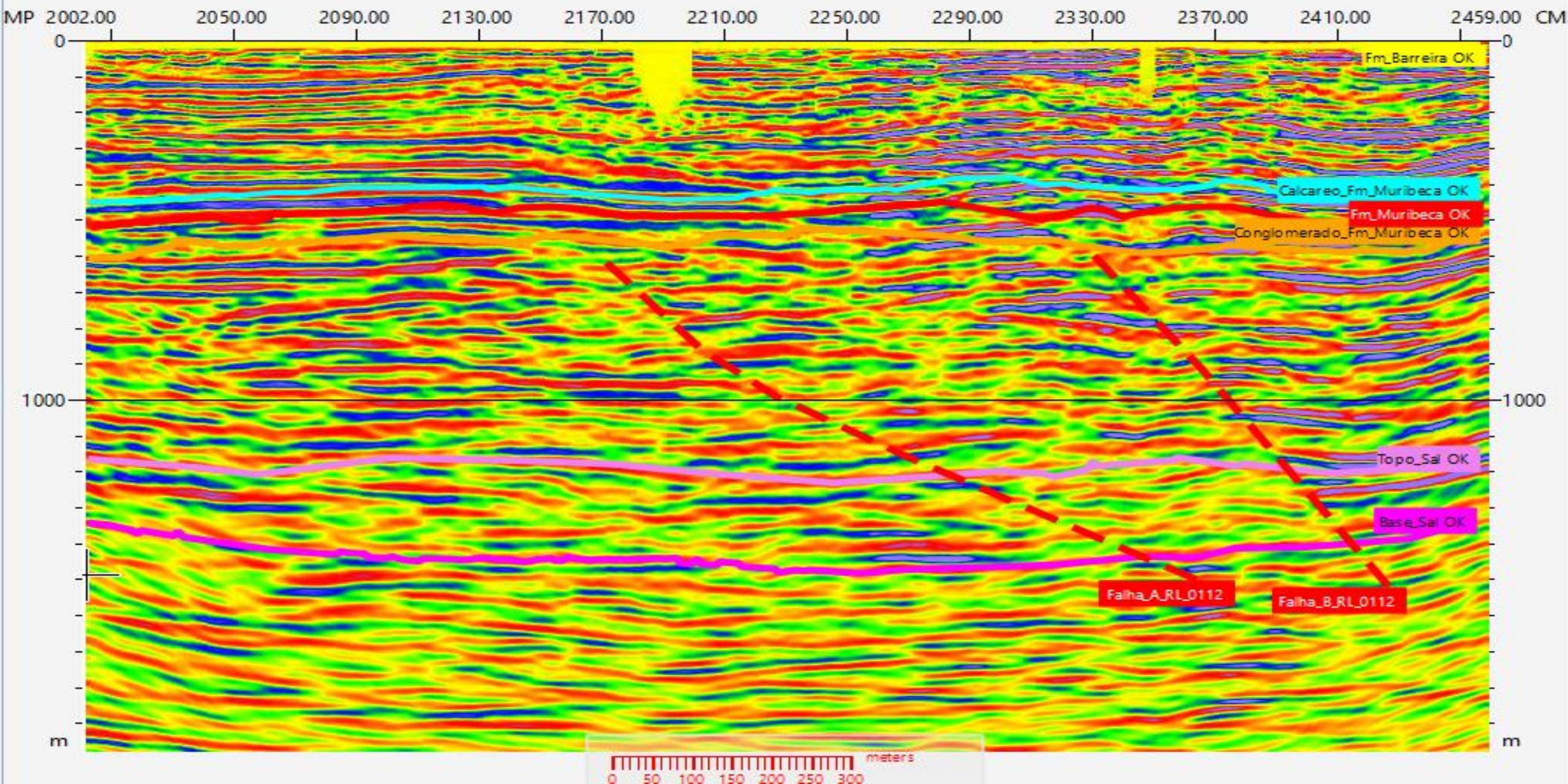
ES-0384-RL-0112-INVERSÃO PARA IMPEDÂNCIA ACÚSTICA -COM INTERPRETAÇÃO



ES-0384-RL-0112- INVERSÃO PARA IMP. ACÚSTICA - PALETA DE CORES PHASE2- SEM INTERPRETAÇÃO



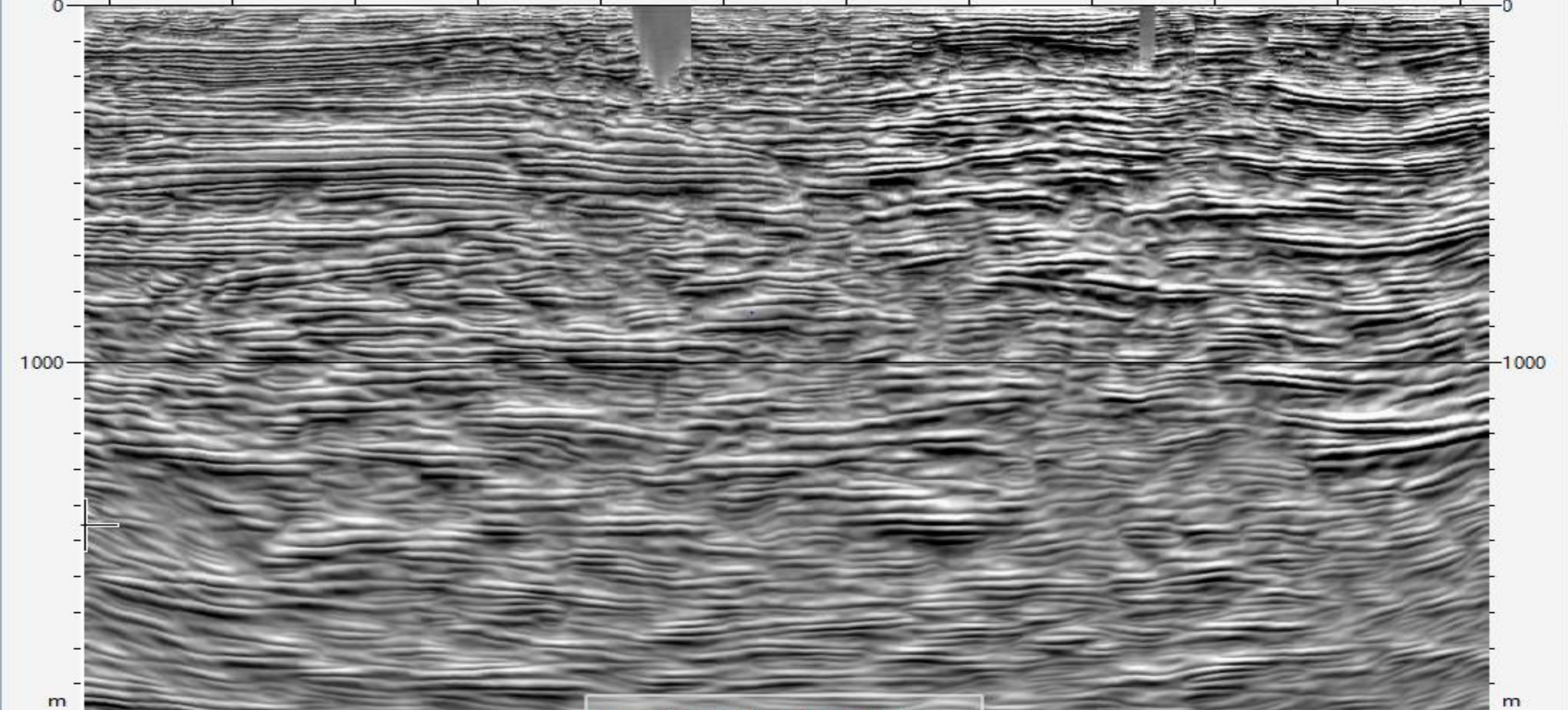
ES-0384-RL-0112- INVERSÃO PARA IMP. ACÚSTICA - PALETA DE CORES PHASE2- COM INTERPRETAÇÃO



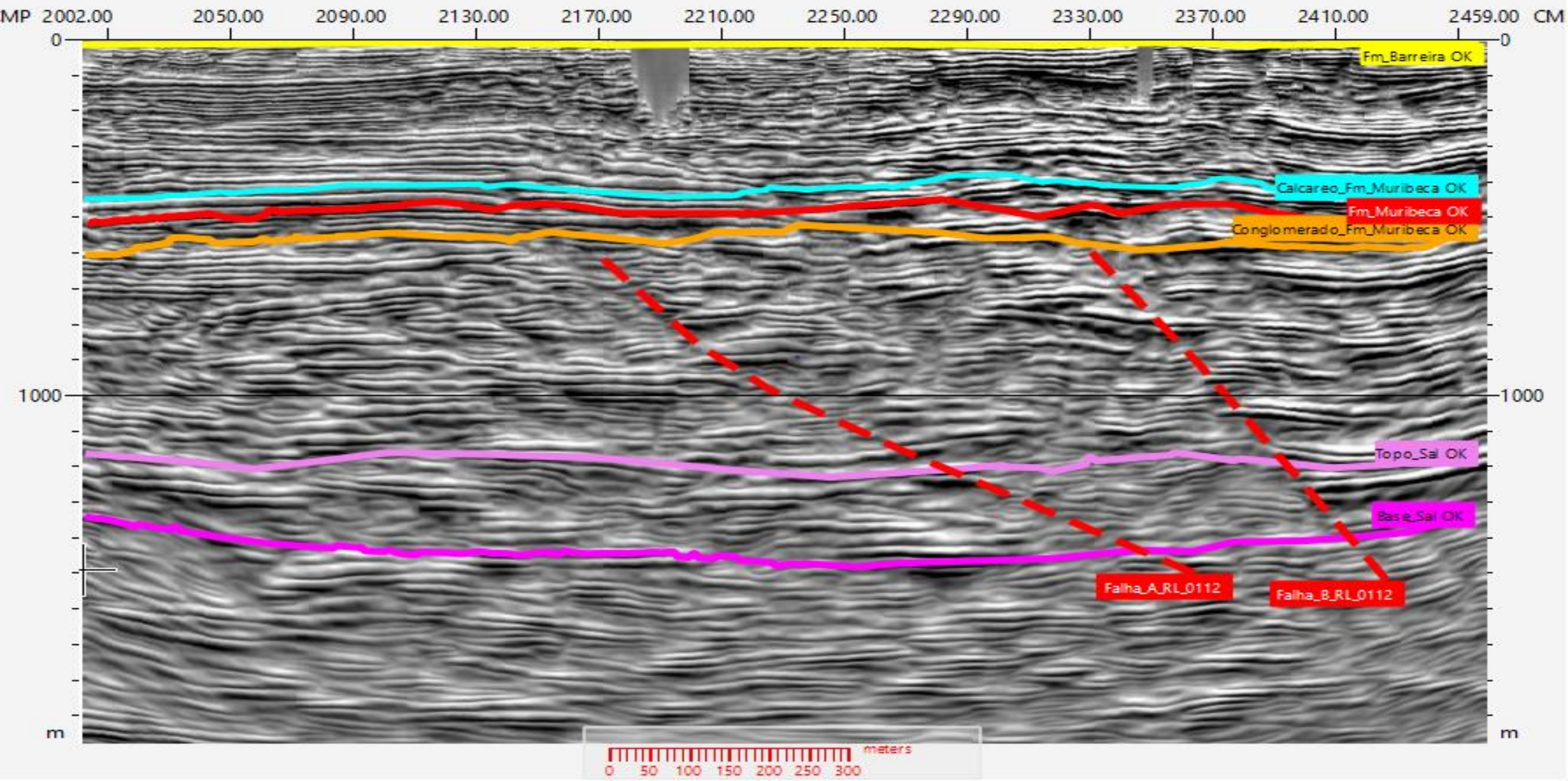


ES-0384-RL-0111-INVERSÃO PARA IMPEDÂNCIA ACÚSTICA - VOL- AMP -SEM INTERPRETAÇÃO

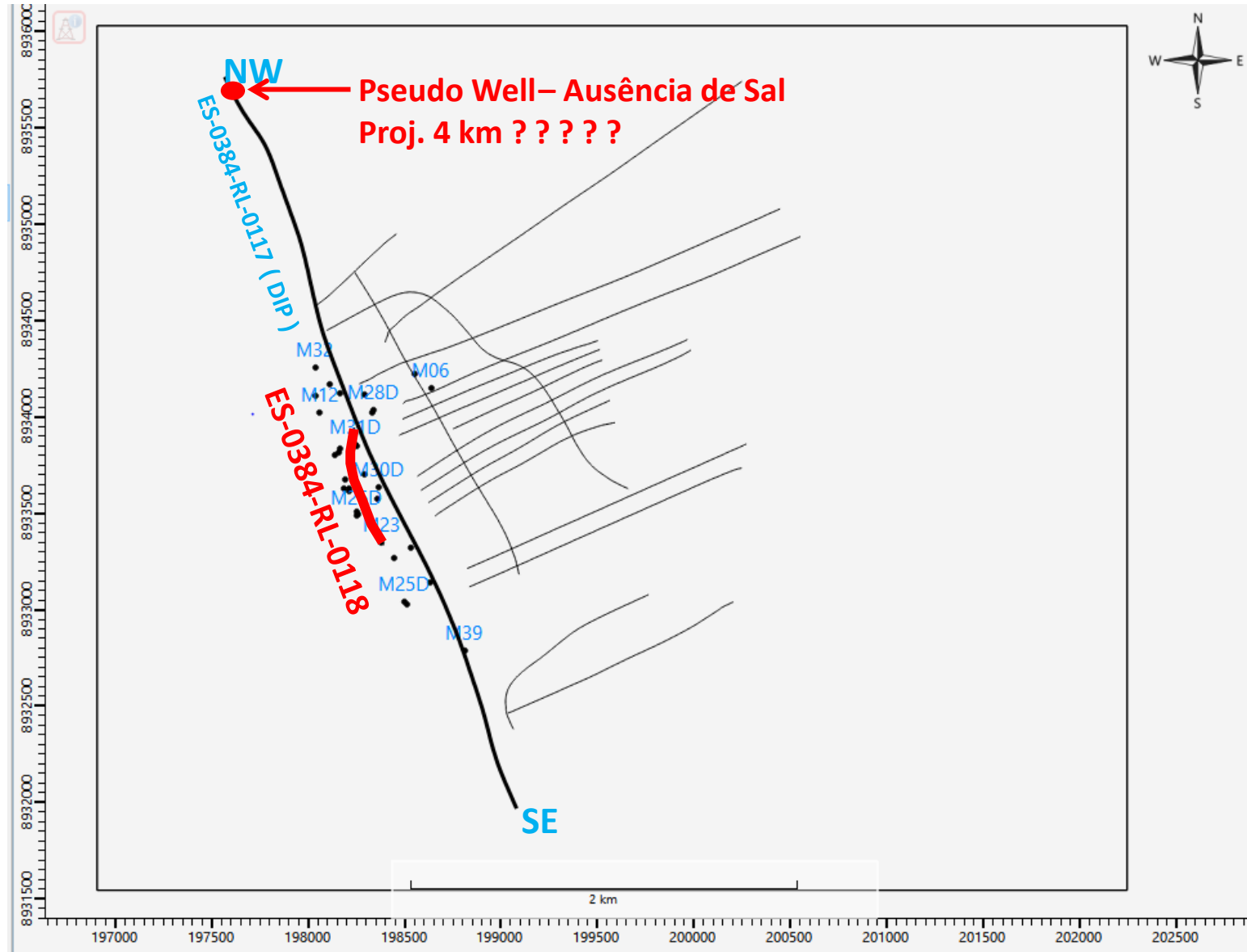
MP 2002.00 2050.00 2090.00 2130.00 2170.00 2210.00 2250.00 2290.00 2330.00 2370.00 2410.00 2459.00 CM

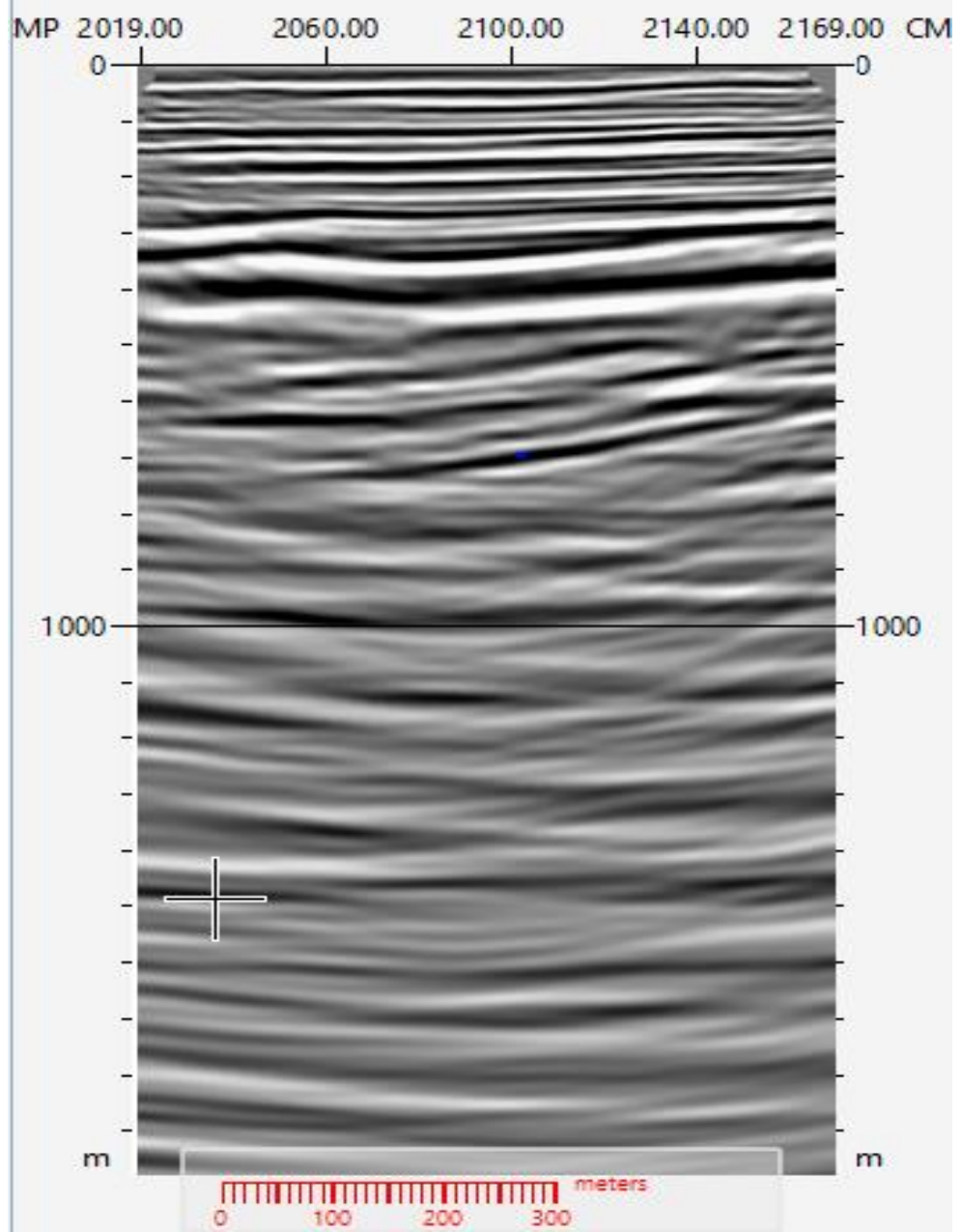


ES-0384-RL-0117-INVERSÃO PARA IMPEDÂNCIA ACÚSTICA - VOL- AMP – COM INTERPRETAÇÃO

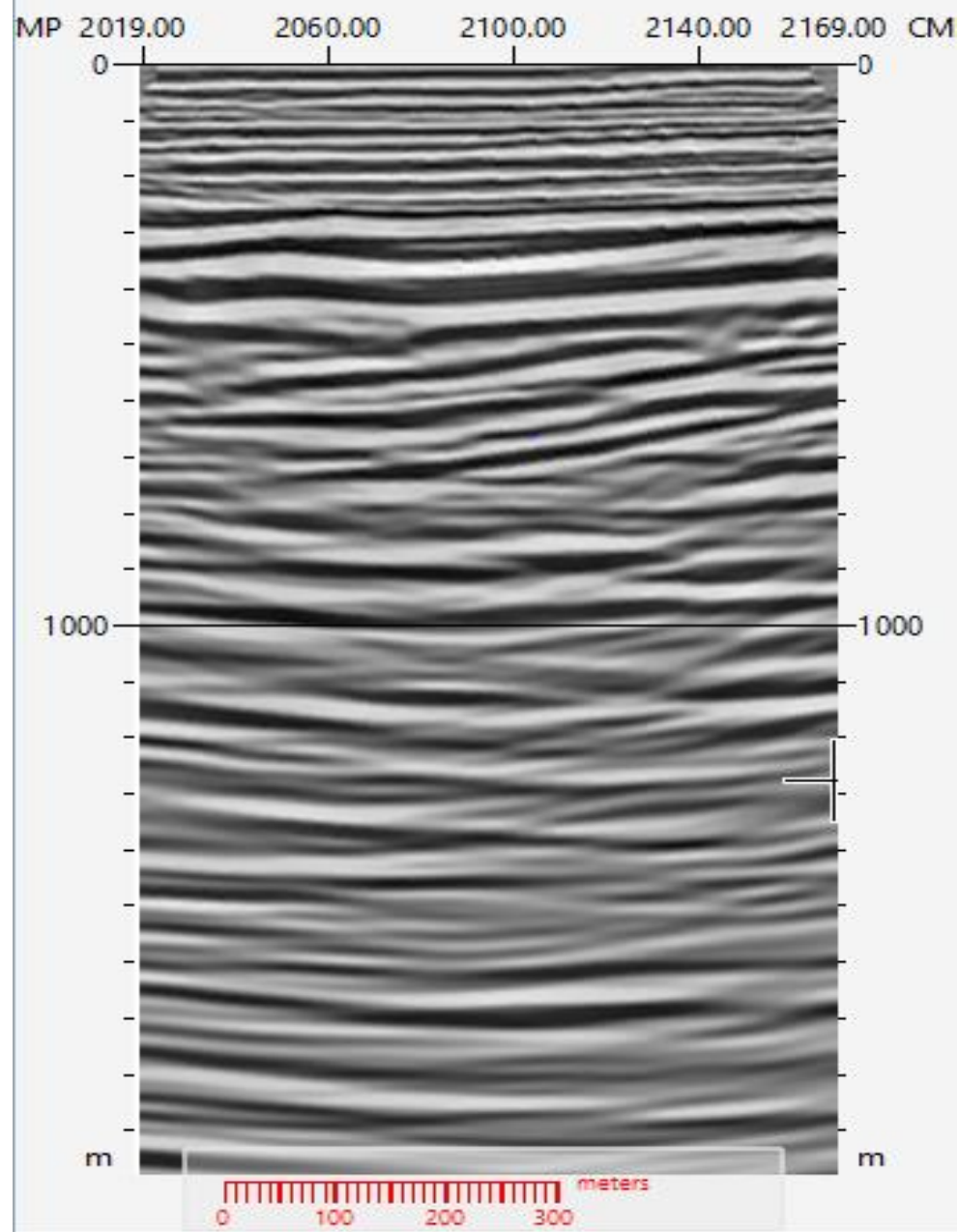


ES-0384-RL-0118

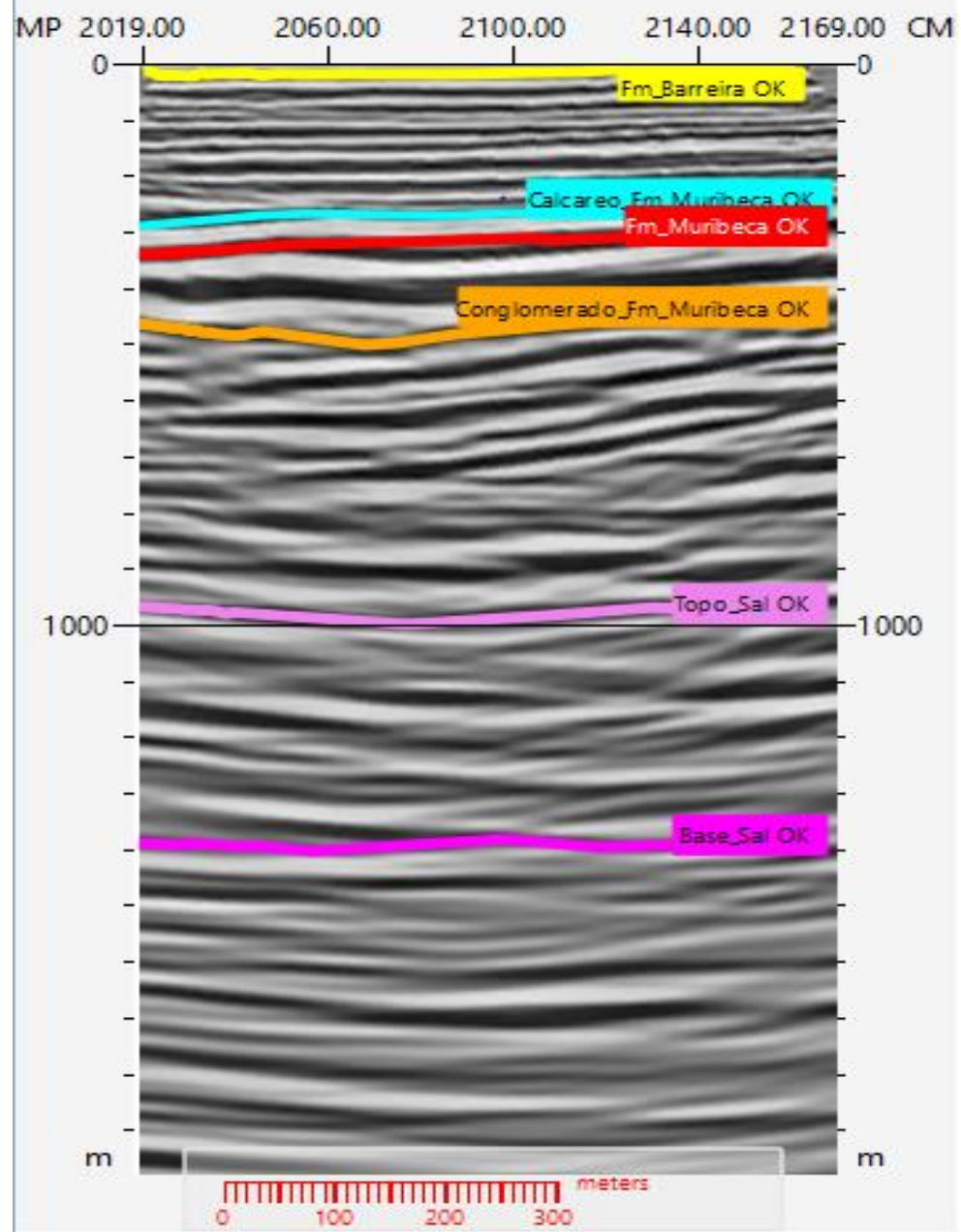




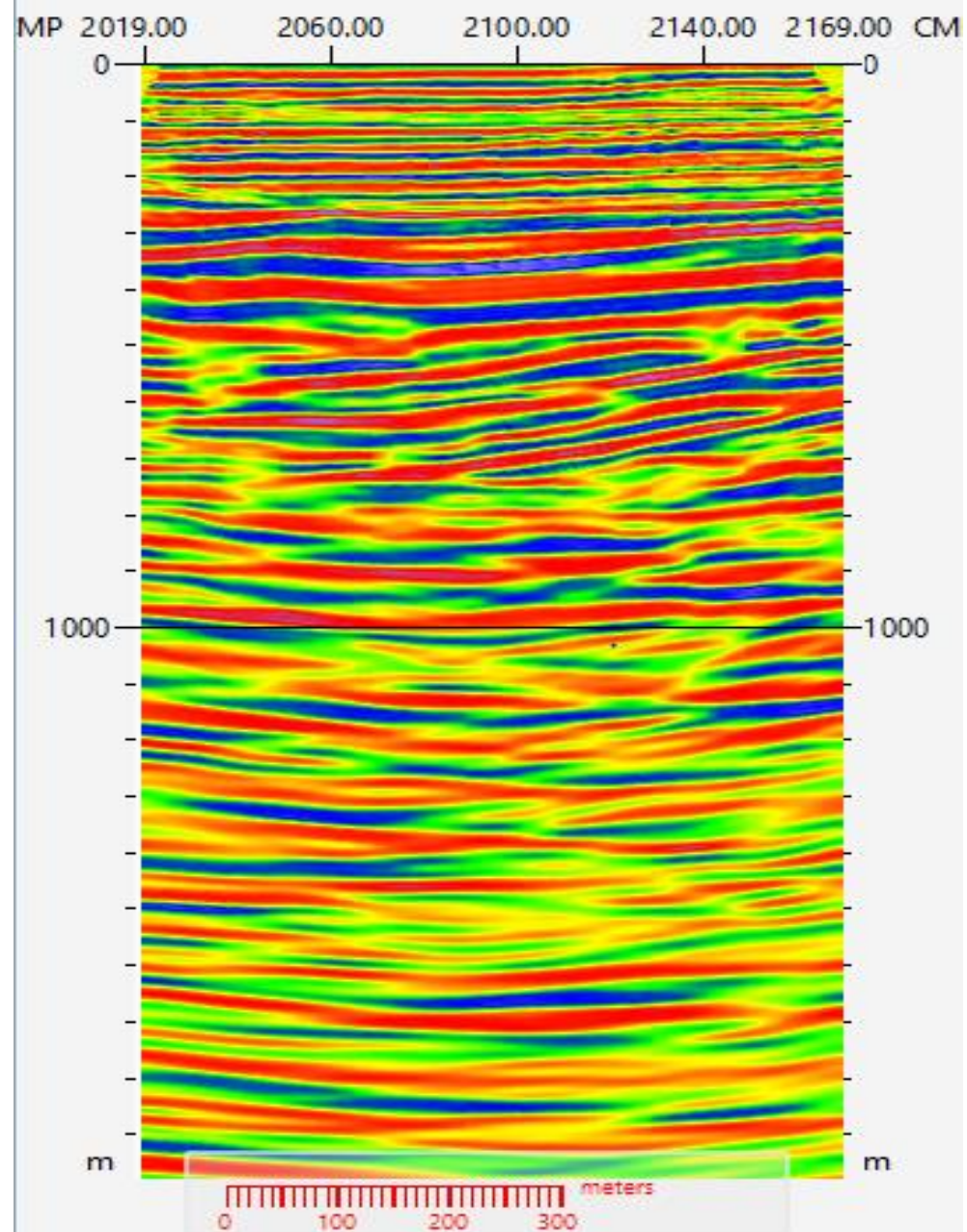
ES-0384-RL-0118-INVERSÃO PARA IMPEDÂNCIA ACÚSTICA -SEM INTERPRETAÇÃO



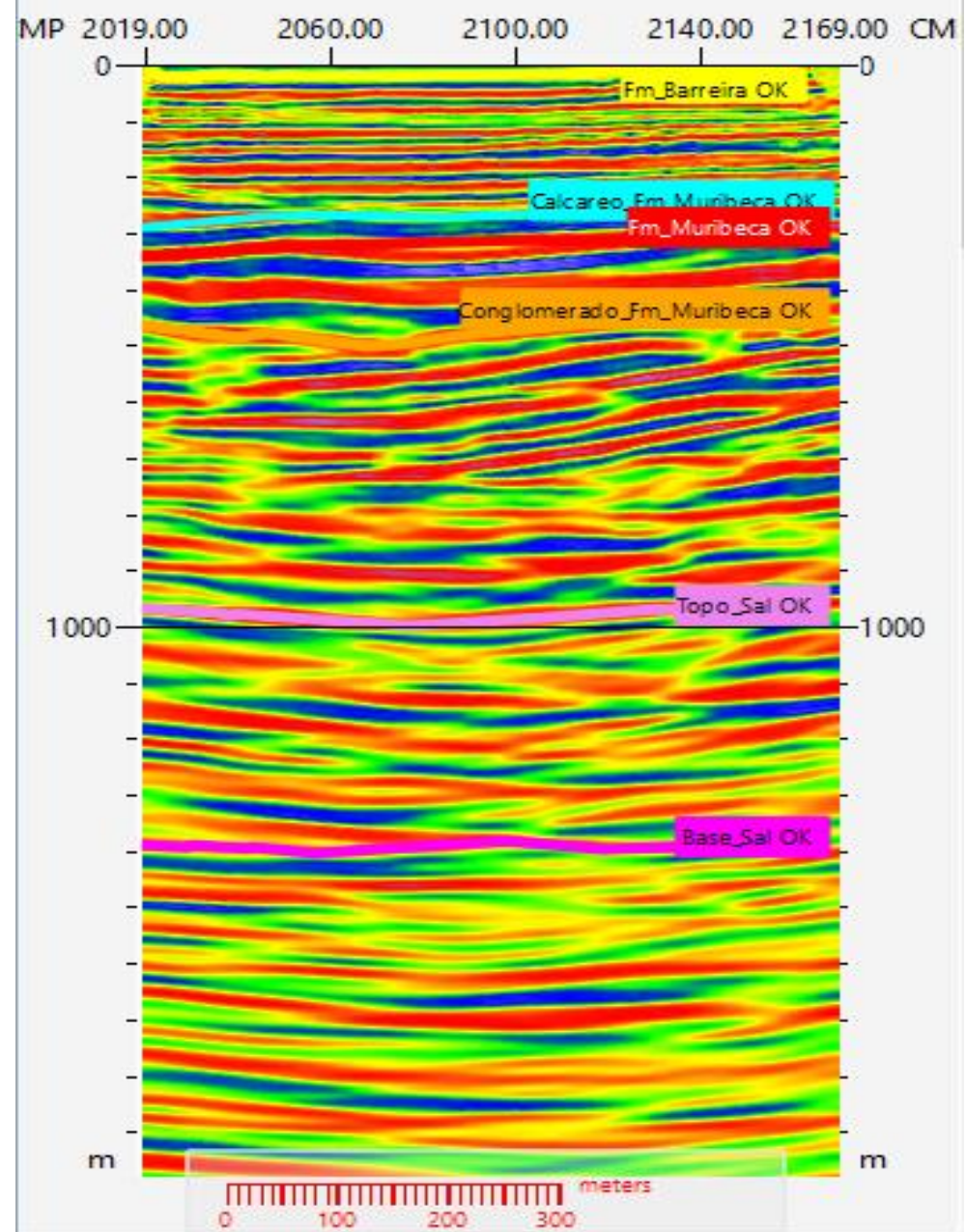
ES-0384-RL-0118-INVERSÃO PARA IMPEDÂNCIA ACÚSTICA -COM INTERPRETAÇÃO



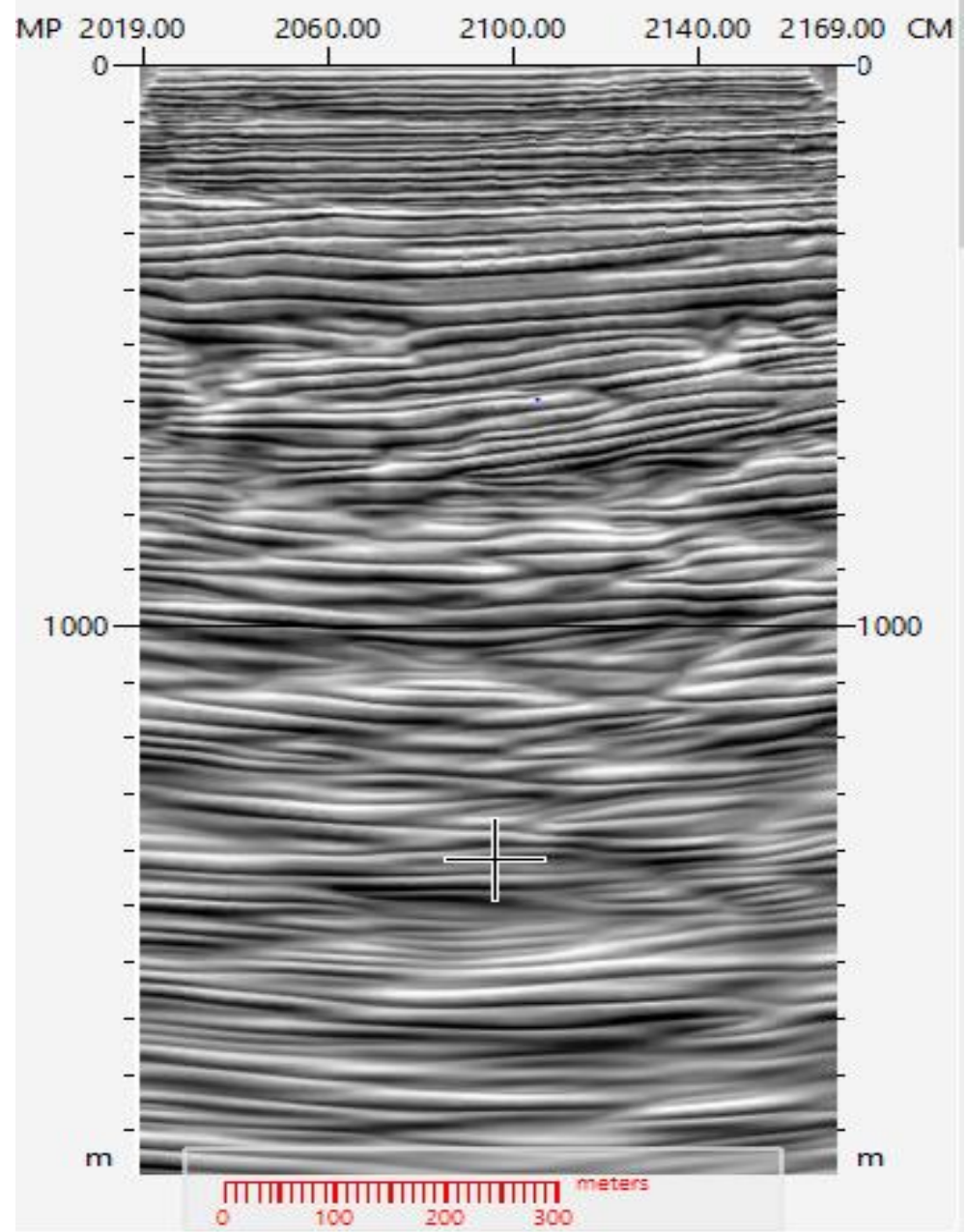
ES-0384-RL-0118- INVERSÃO PARA IMP. ACÚSTICA
PALETA DE CORES PHASE2- SEM INTERPRETAÇÃO



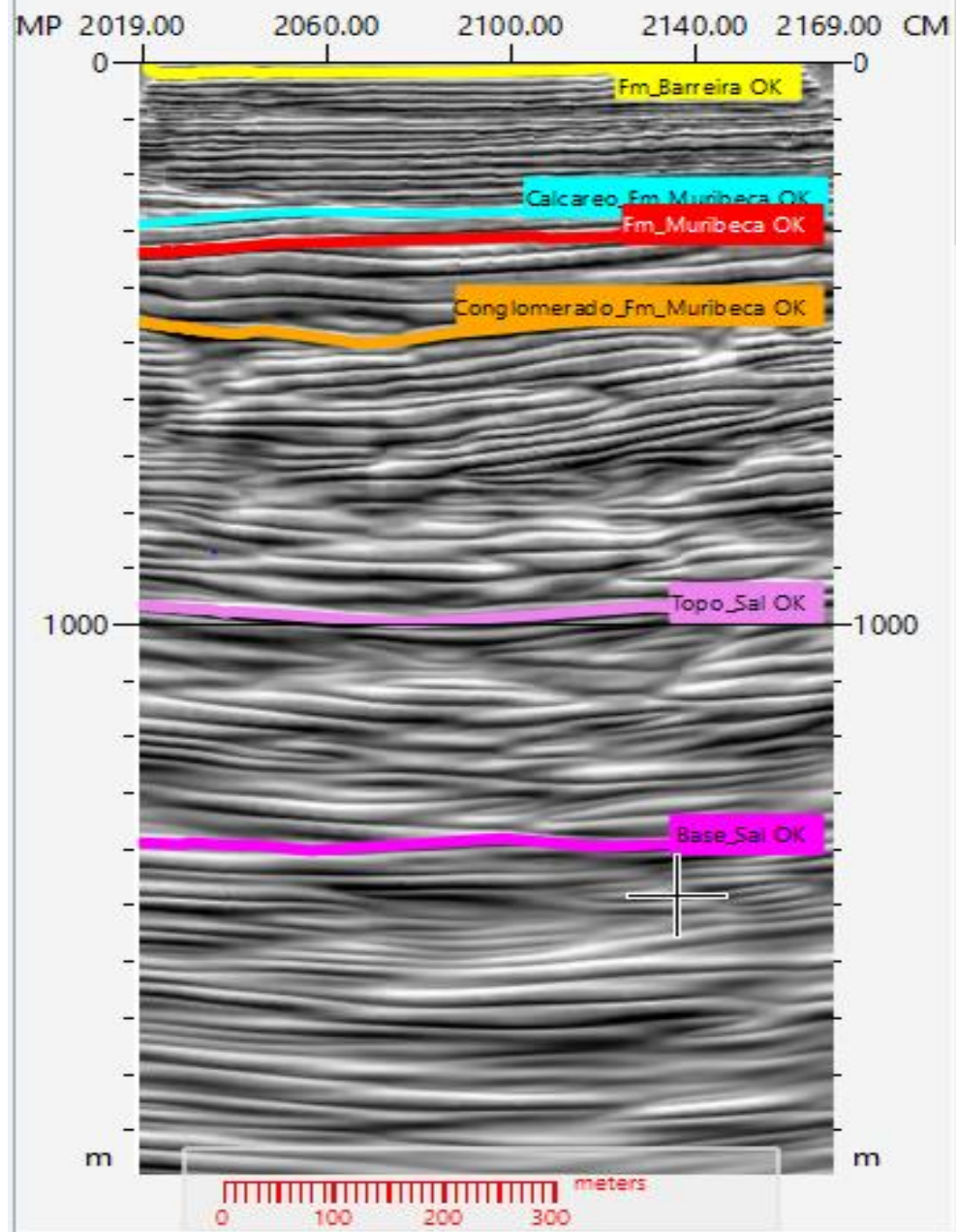
ES-0384-RL-0118- INVERSÃO PARA IMP. ACÚSTICA
PALETA DE CORES PHASE2- COM INTERPRETAÇÃO



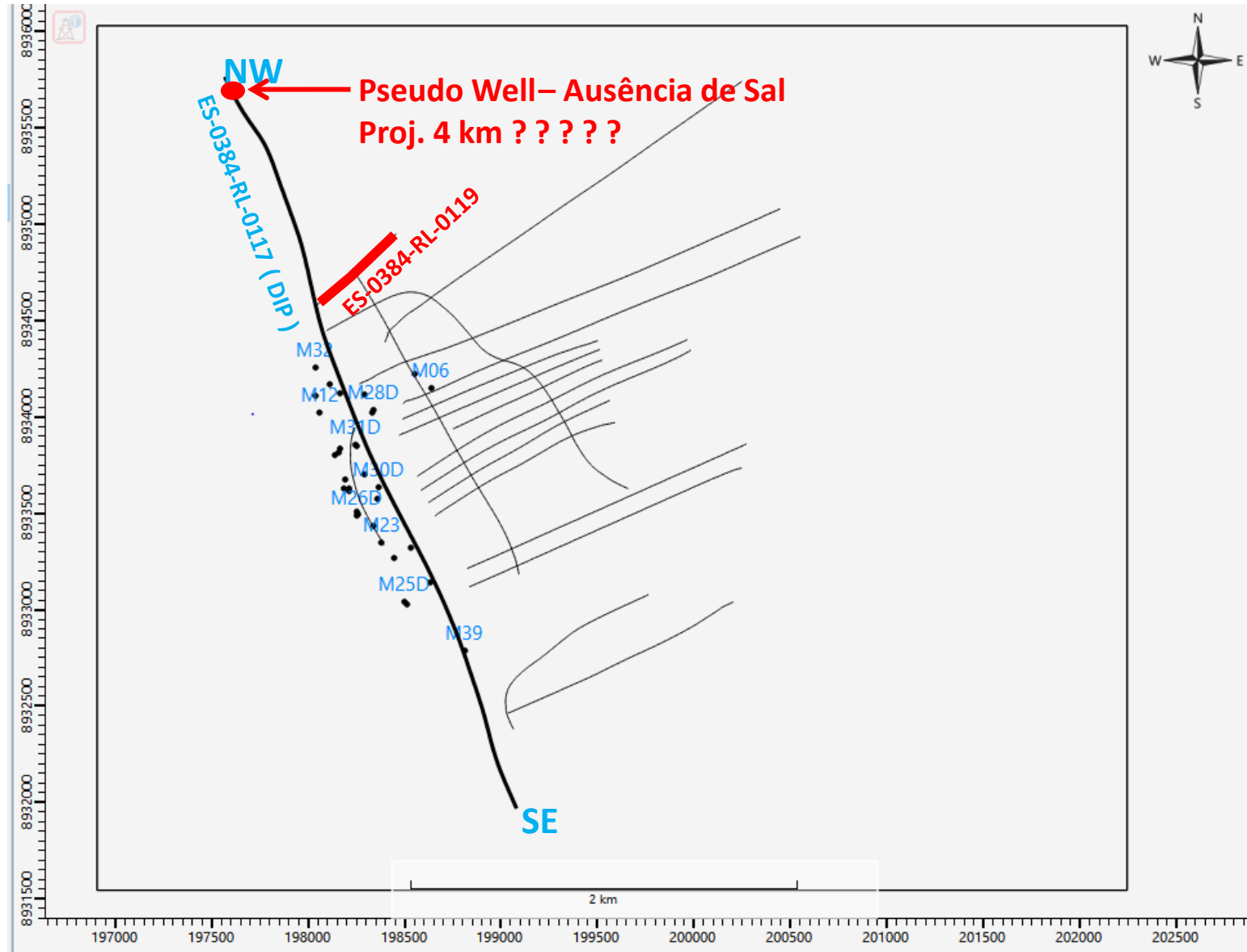
ES-0384-RL-0118-INVERSÃO PARA IMPEDÂNCIA
ACÚSTICA - VOL- AMP -SEM INTERPRETAÇÃO



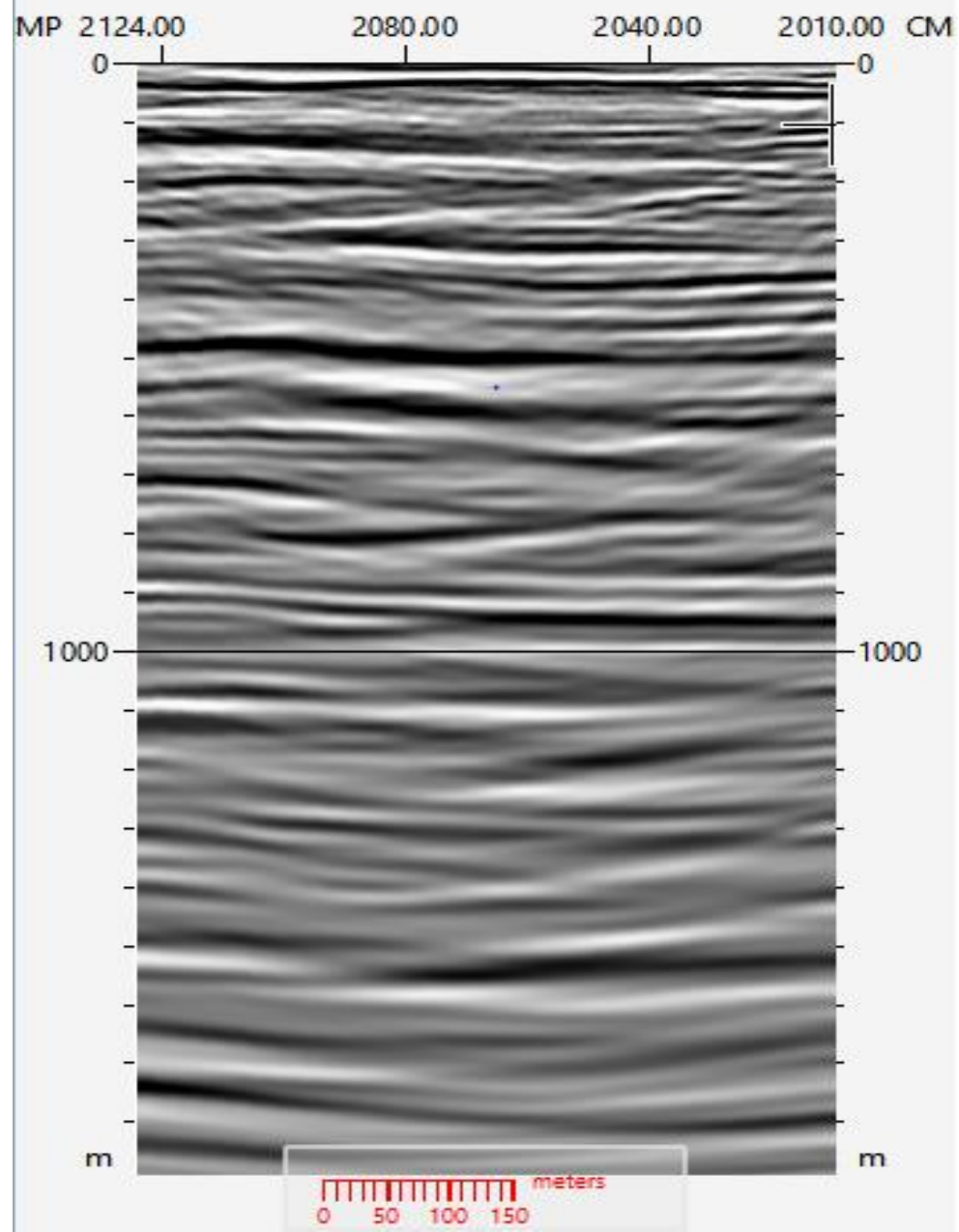
ES-0384-RL-0118-INVERSÃO PARA IMPEDÂNCIA
ACÚSTICA - VOL- AMP -COM INTERPRETAÇÃO



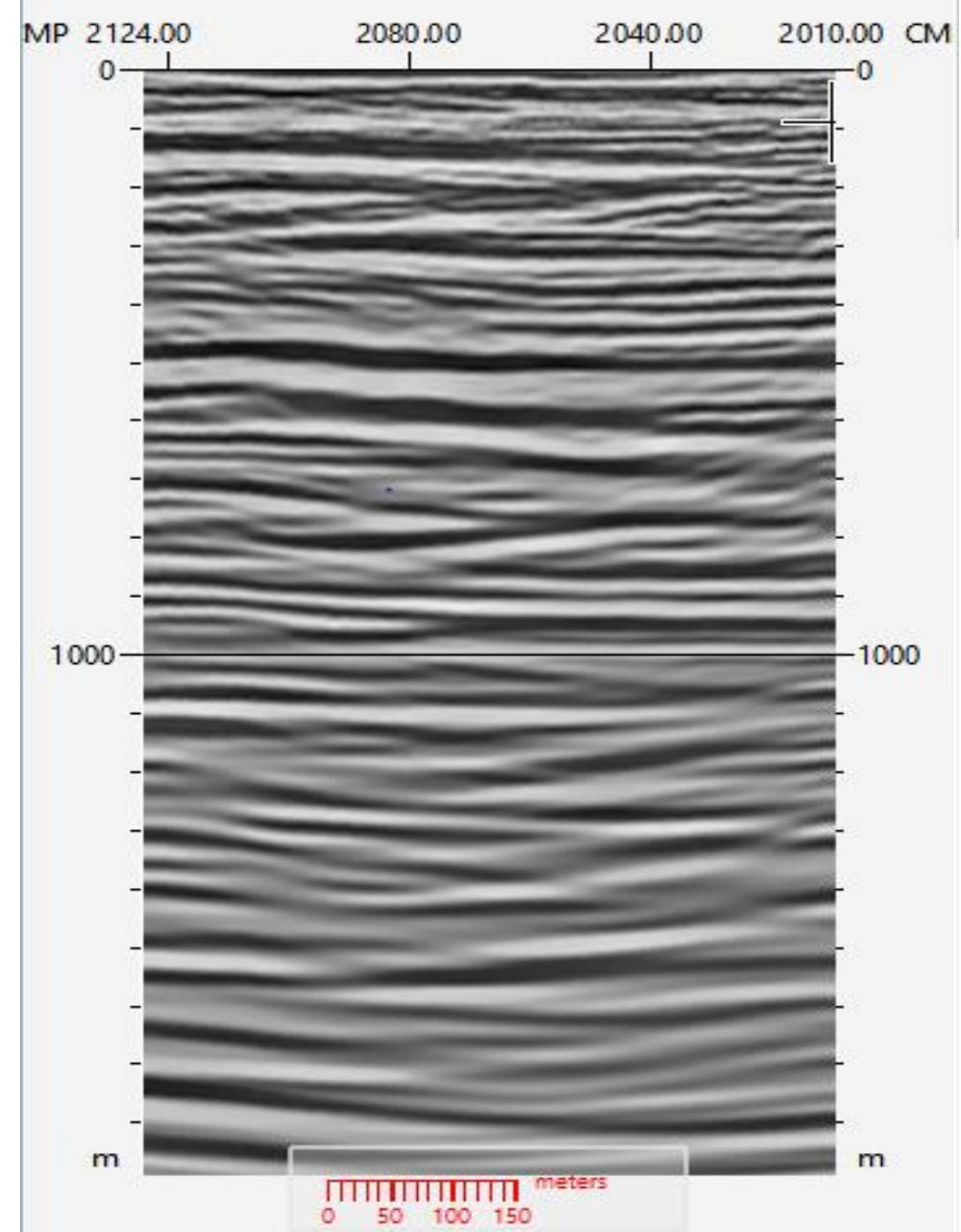
ES-0384-RL-0119



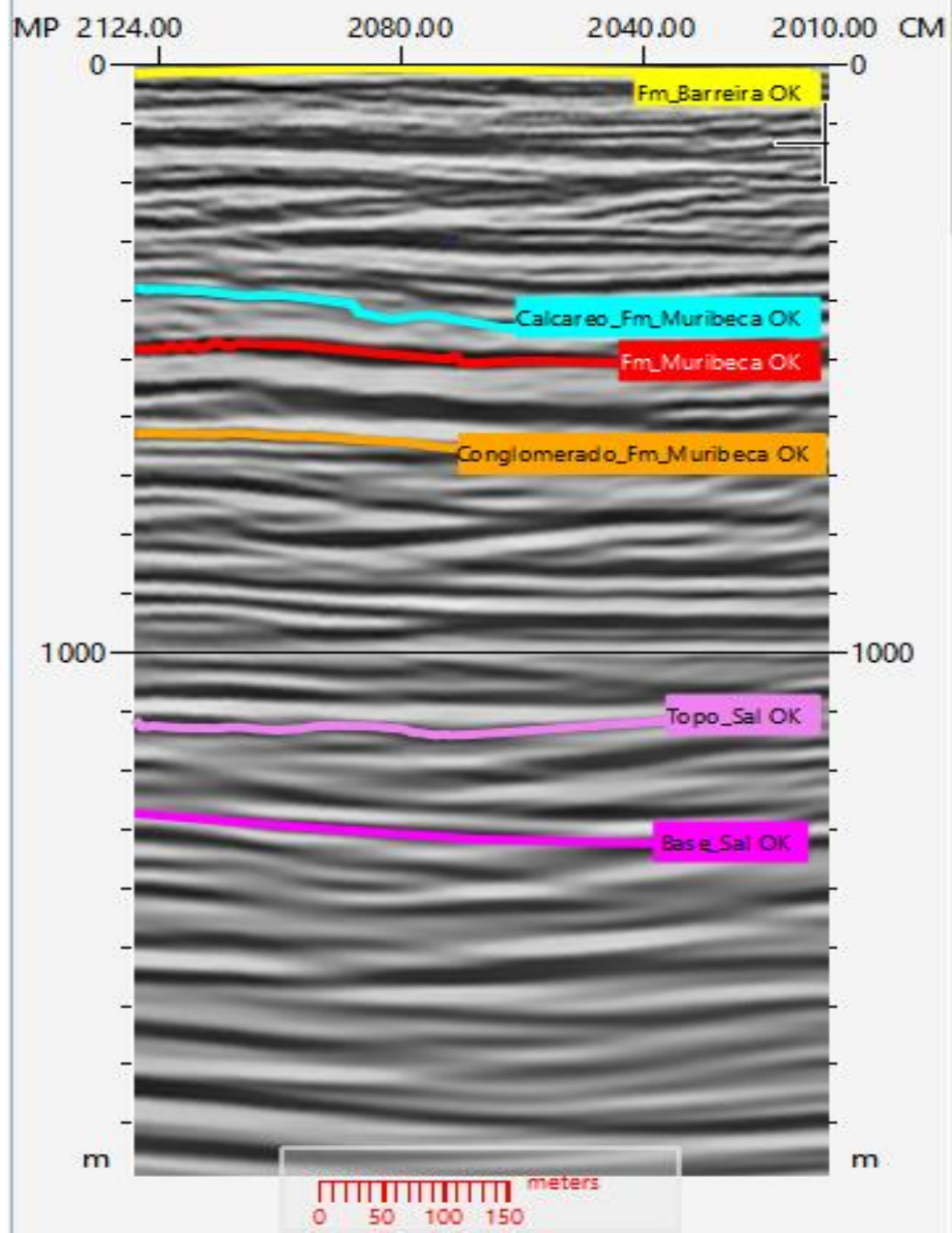
ES-0384-RL-0119-DADO RECEBIDO DO PROCESSAMENTO - SEM INTERPRETAÇÃO



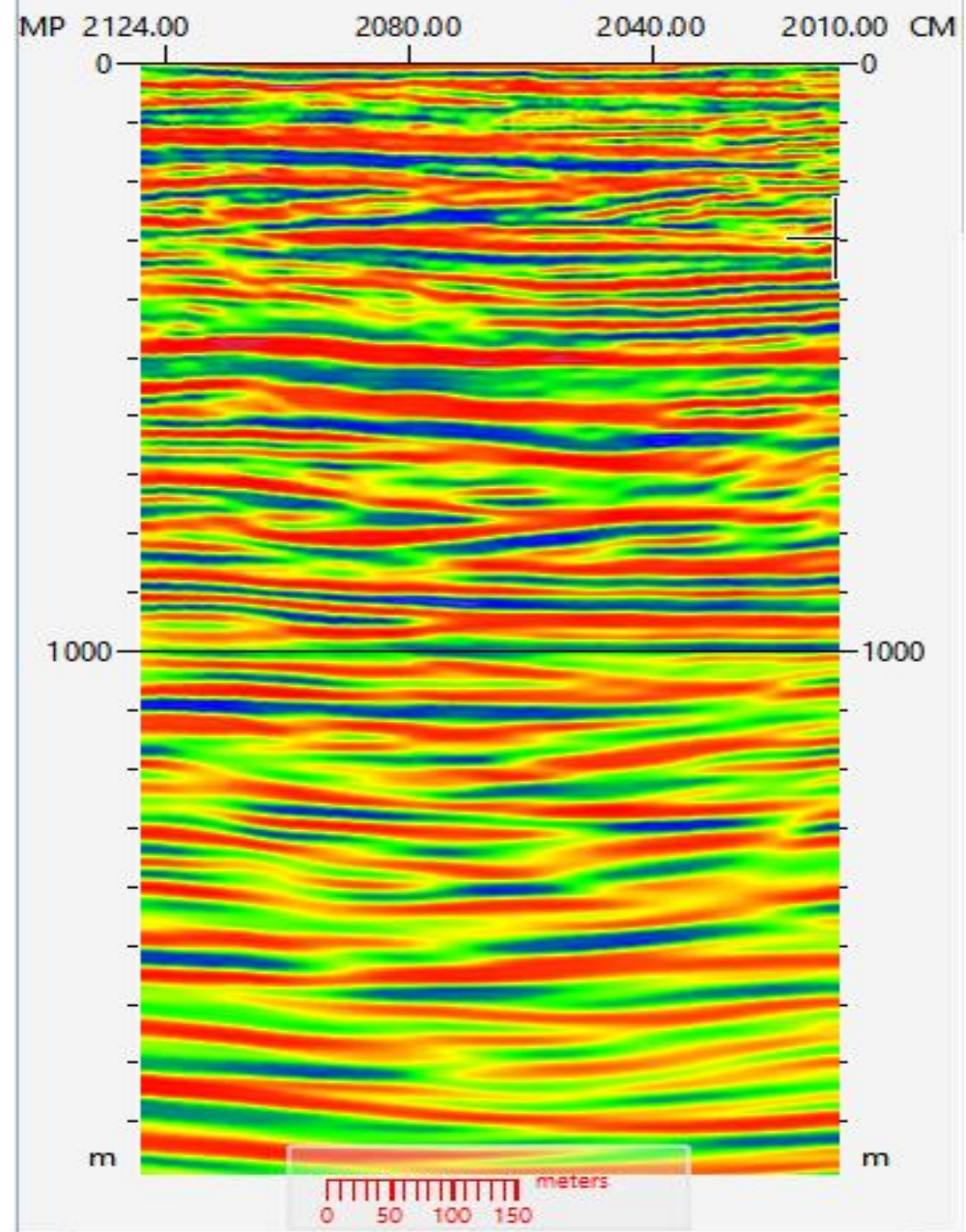
ES-0384-RL-0119-INVERSÃO PARA IMPEDÂNCIA ACÚSTICA -SEM INTERPRETAÇÃO



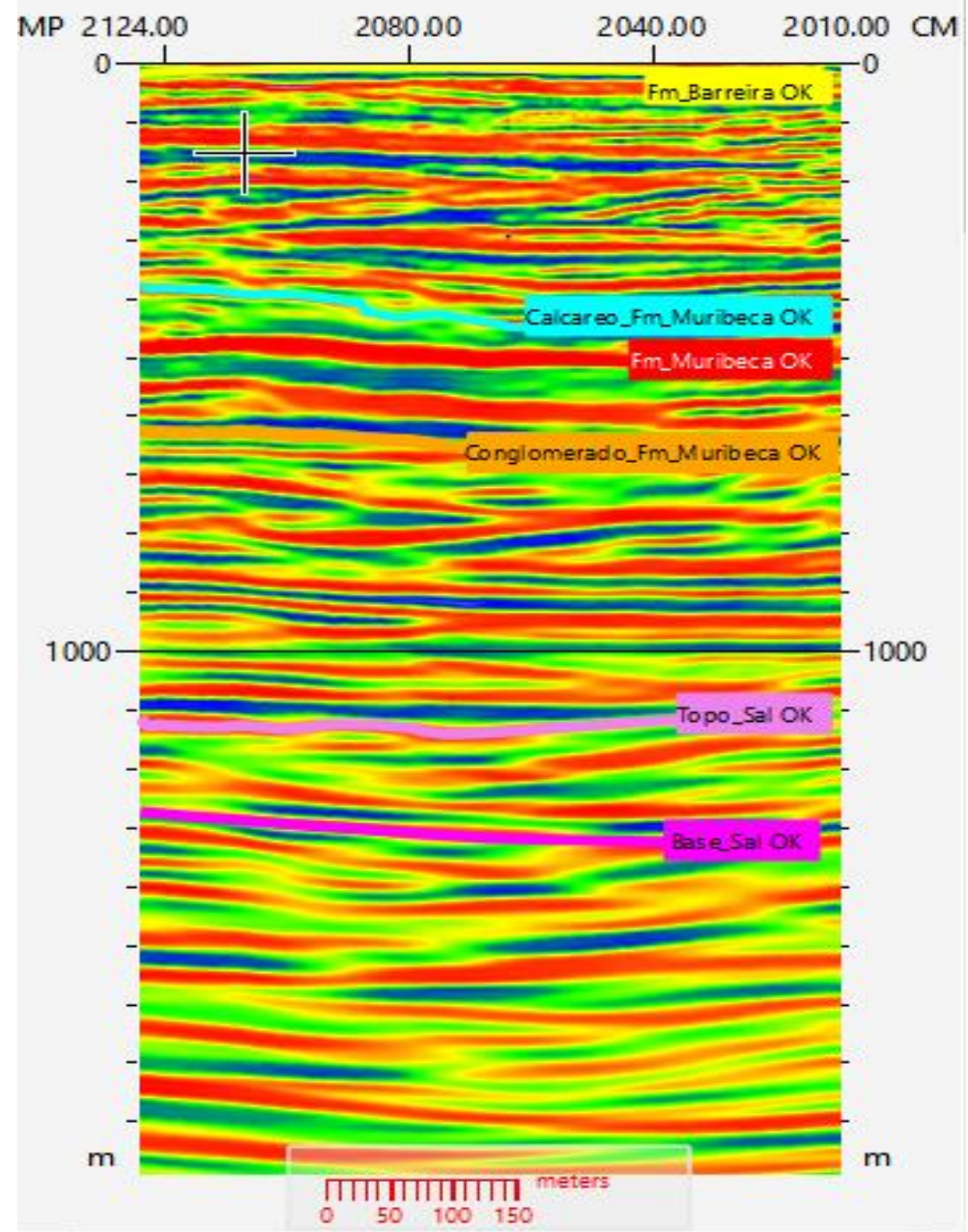
ES-0384-RL-0111-INVERSÃO PARA IMPEDÂNCIA ACÚSTICA -COM INTERPRETAÇÃO



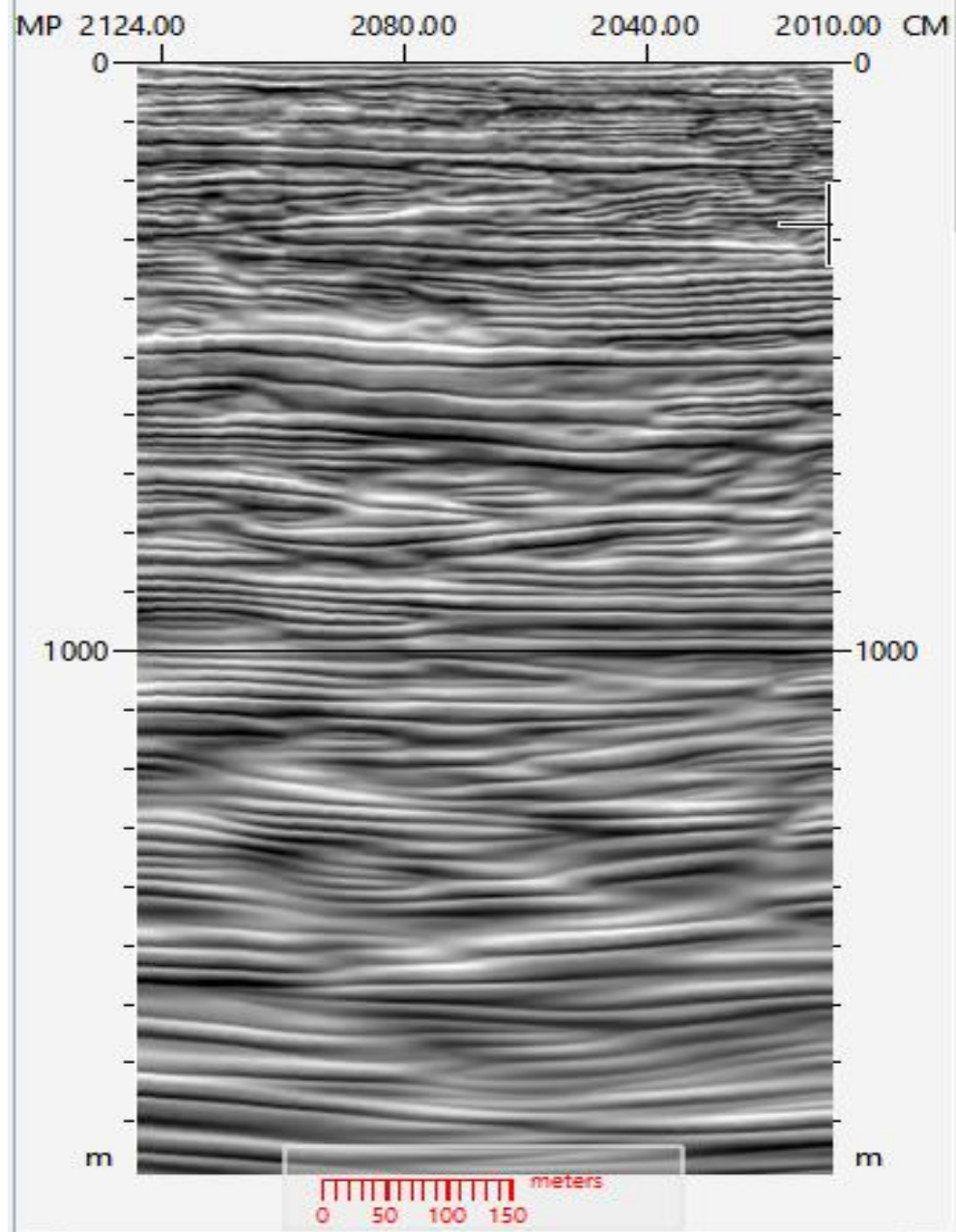
ES-0384-RL-0119- INVERSÃO PARA IMP. ACÚSTICA
PALETA DE CORES PHASE2- SEM INTERPRETAÇÃO



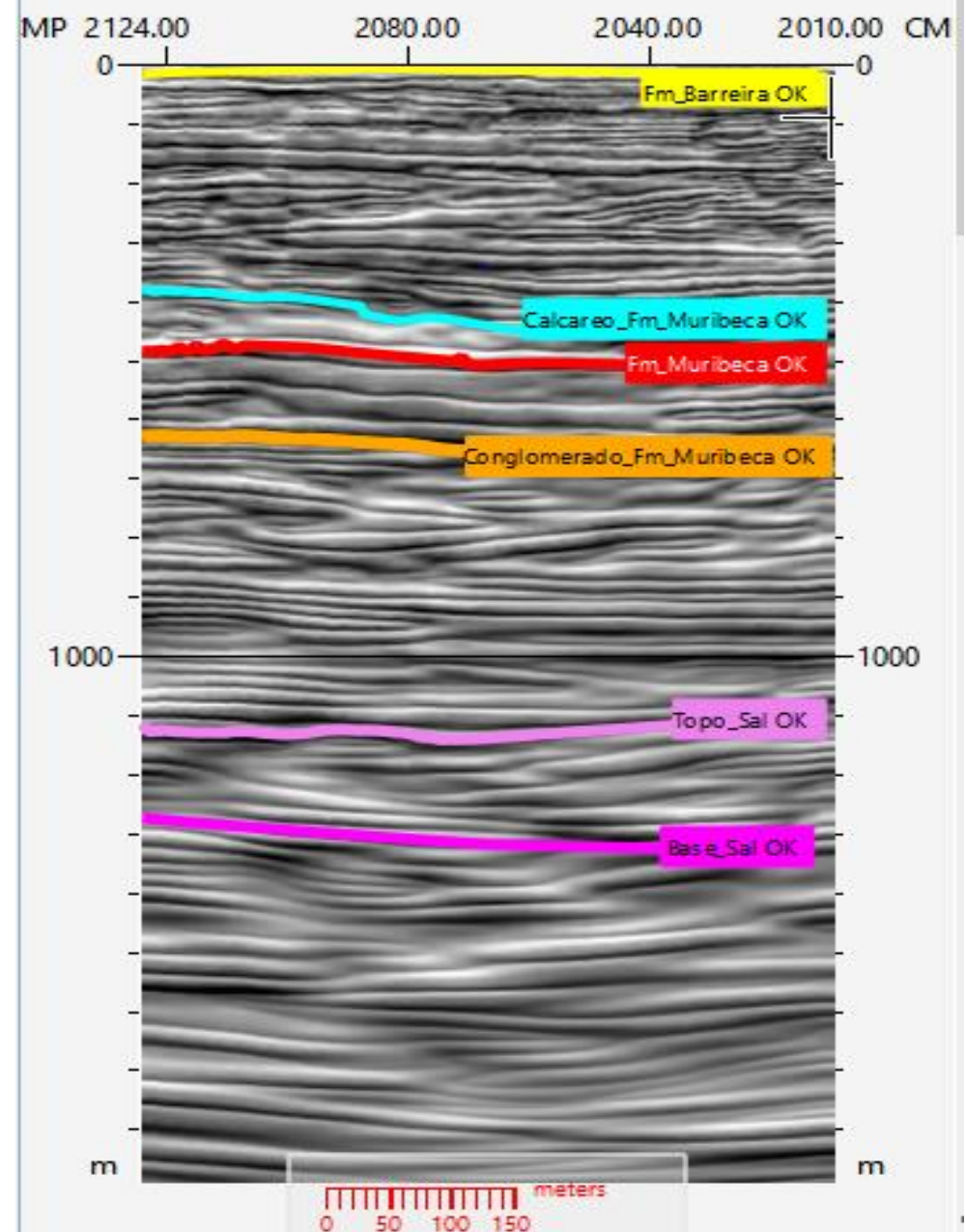
ES-0384-RL-0119- INVERSÃO PARA IMP. ACÚSTICA
PALETA DE CORES PHASE2- COM INTERPRETAÇÃO

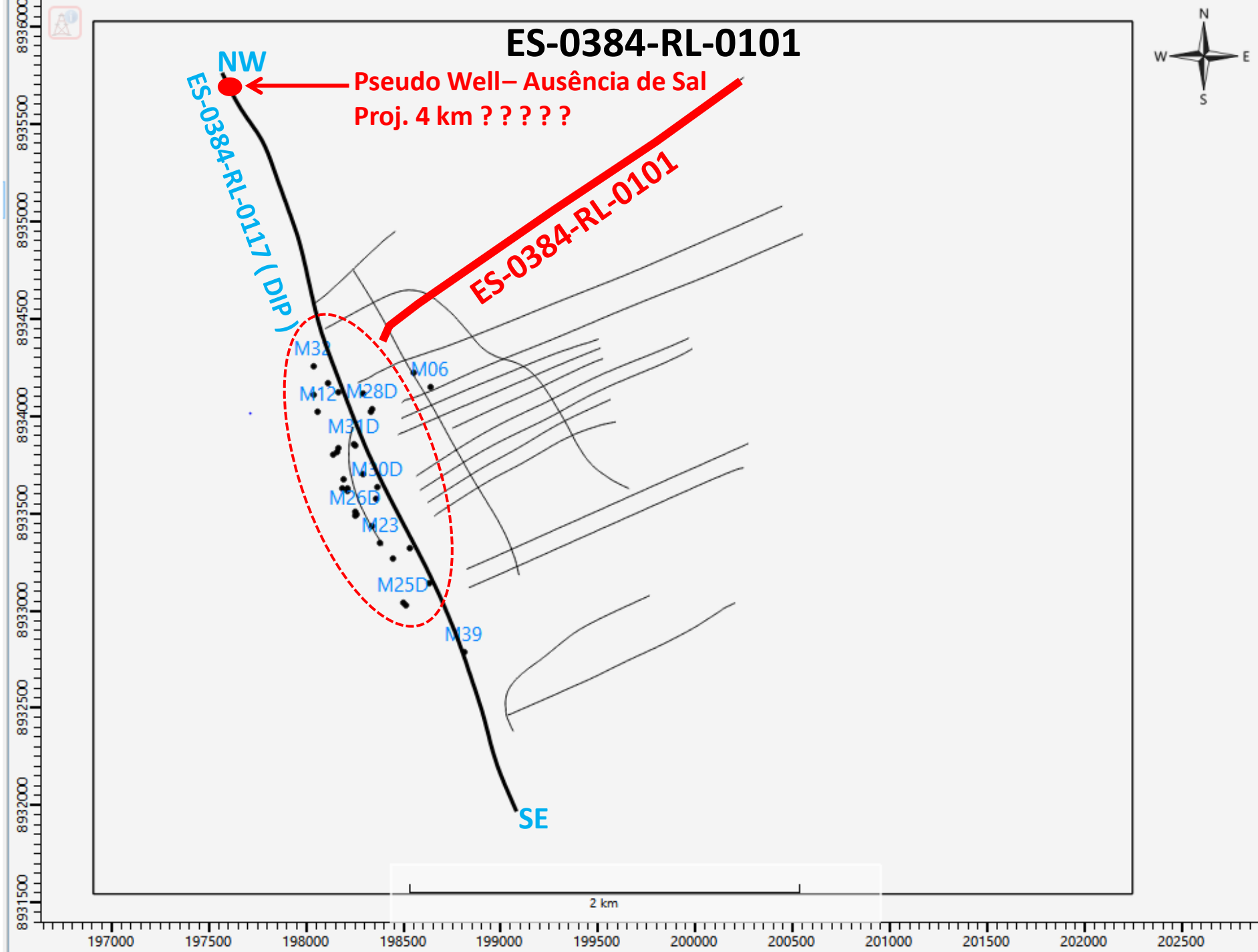


ES-0384-RL-0119-INVERSÃO PARA IMPEDÂNCIA
ACÚSTICA - VOL-AMP -SEM INTERPRETAÇÃO

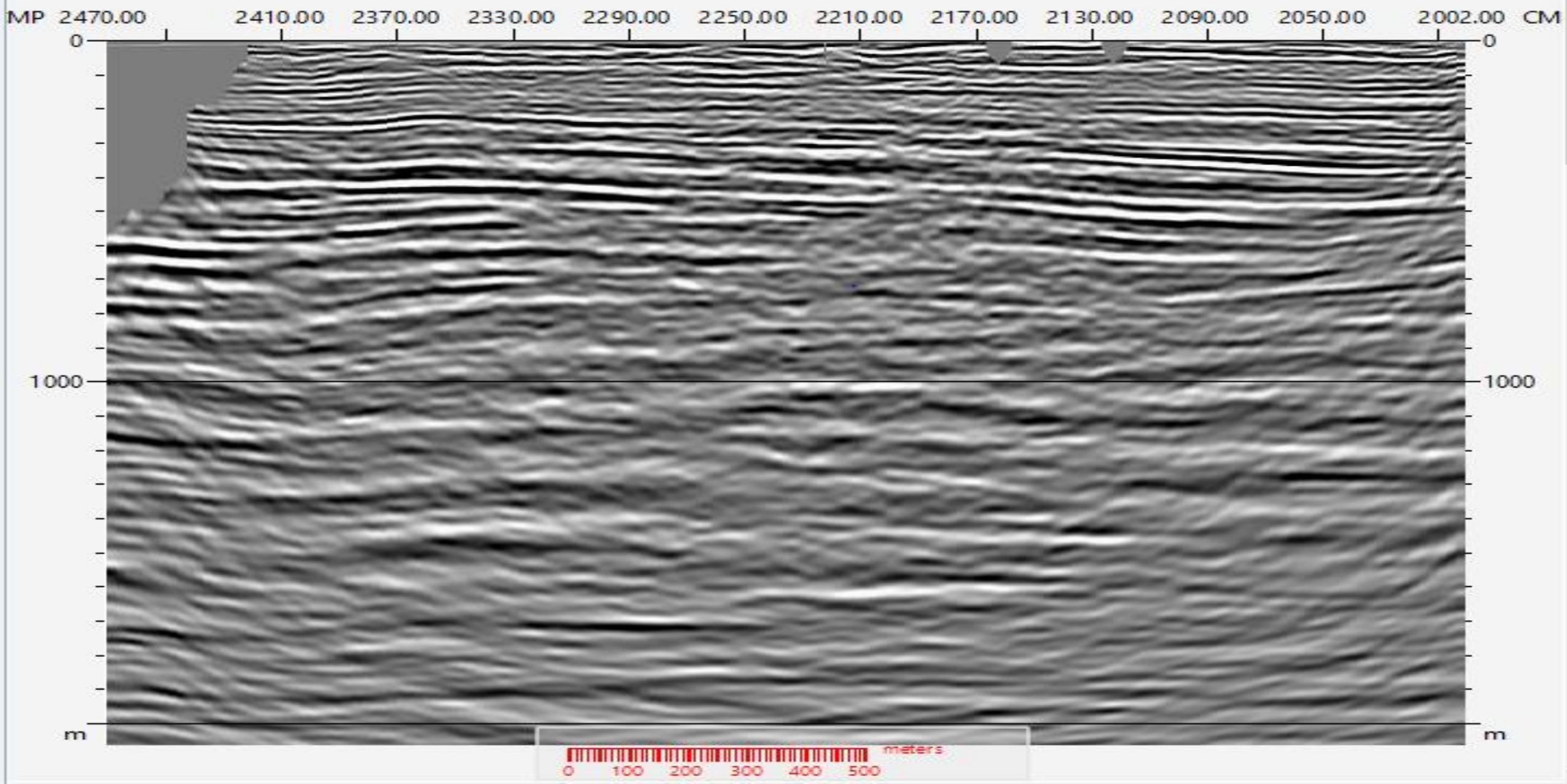


ES-0384-RL-0119-INVERSÃO PARA IMPEDÂNCIA
ACÚSTICA - VOL- AMP -COM INTERPRETAÇÃO

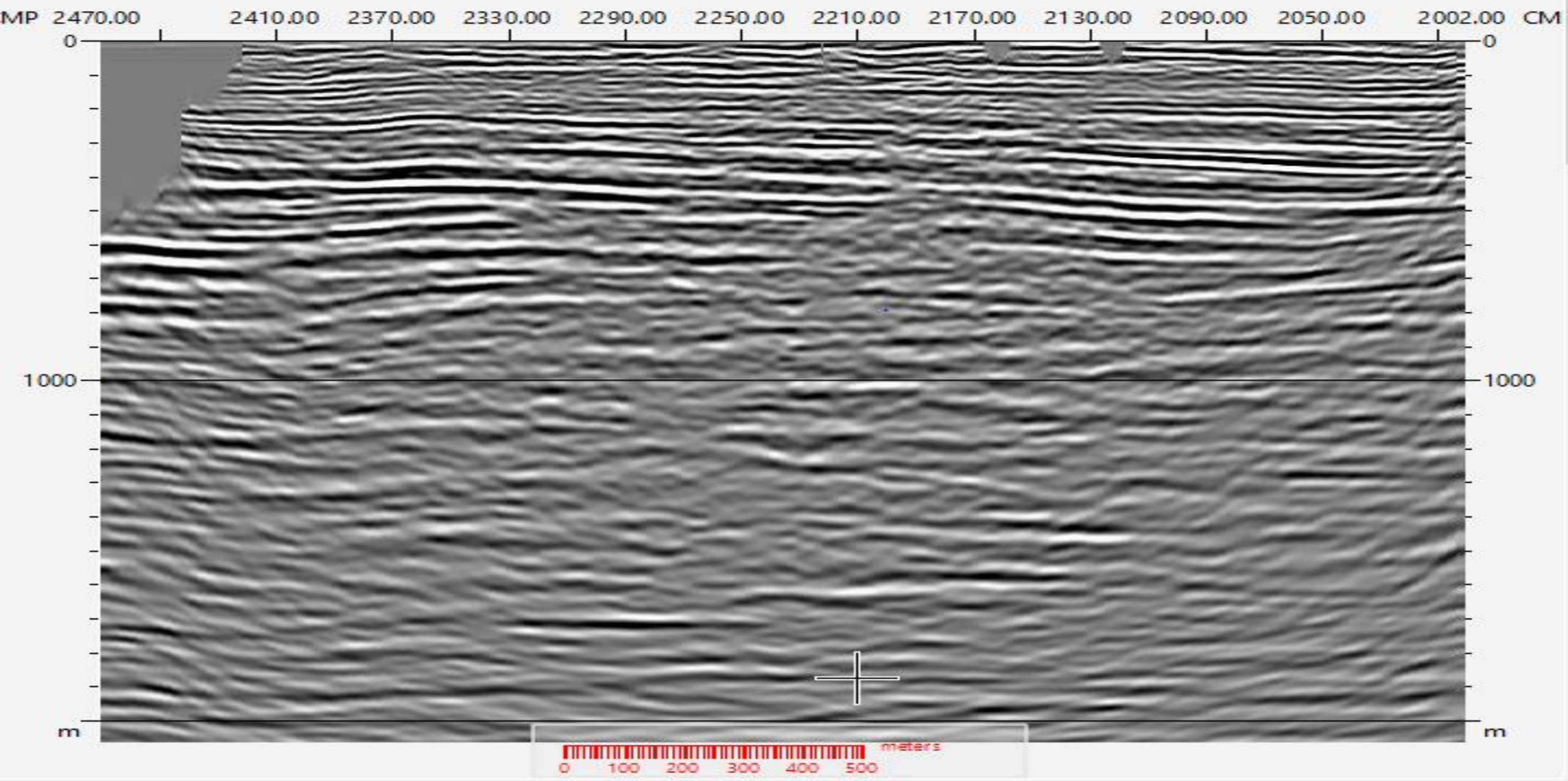




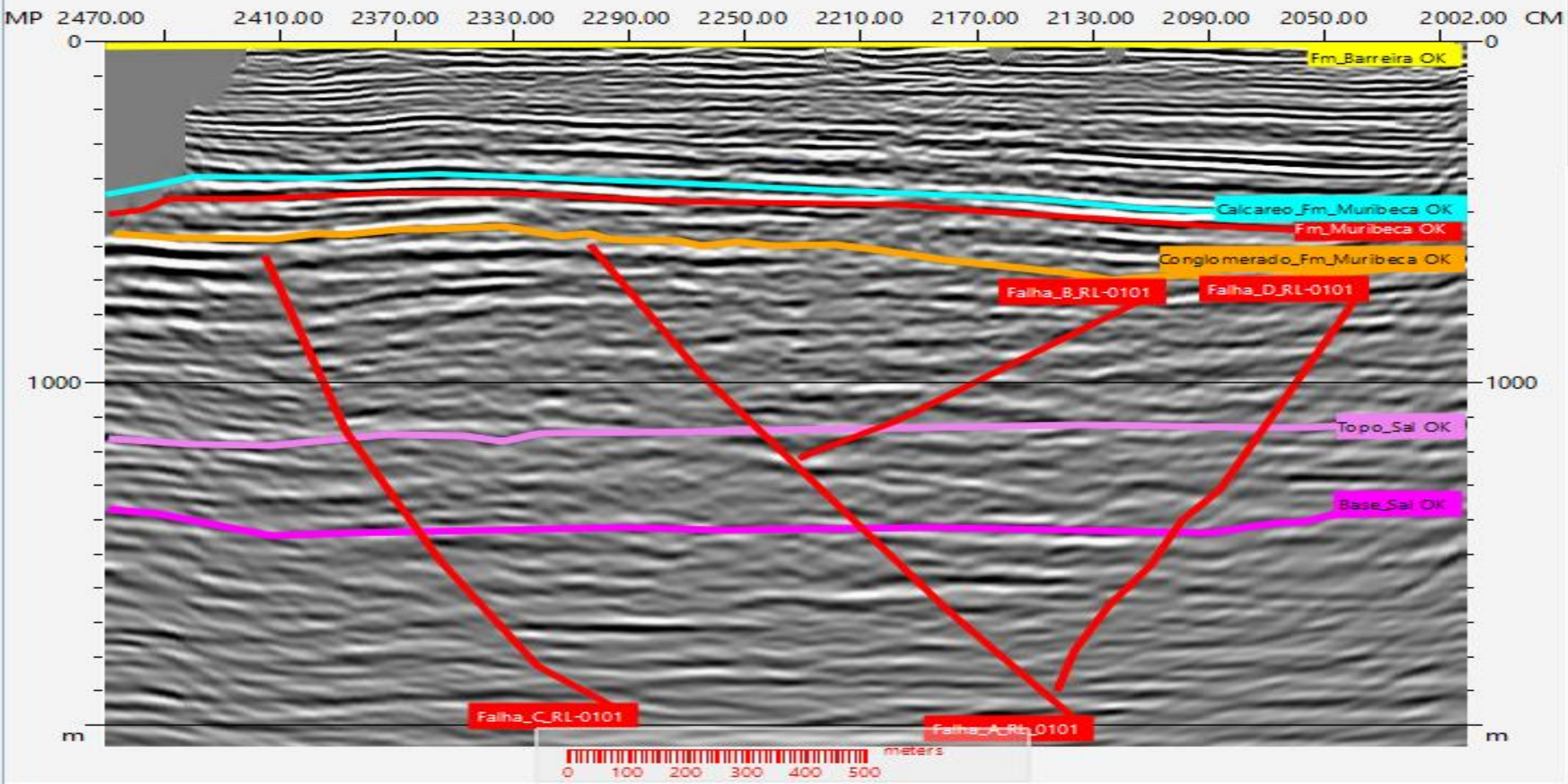
ES-0384-RL-0101- DADO SÍSMICO RECEBIDO DO PROCESSAMENTO



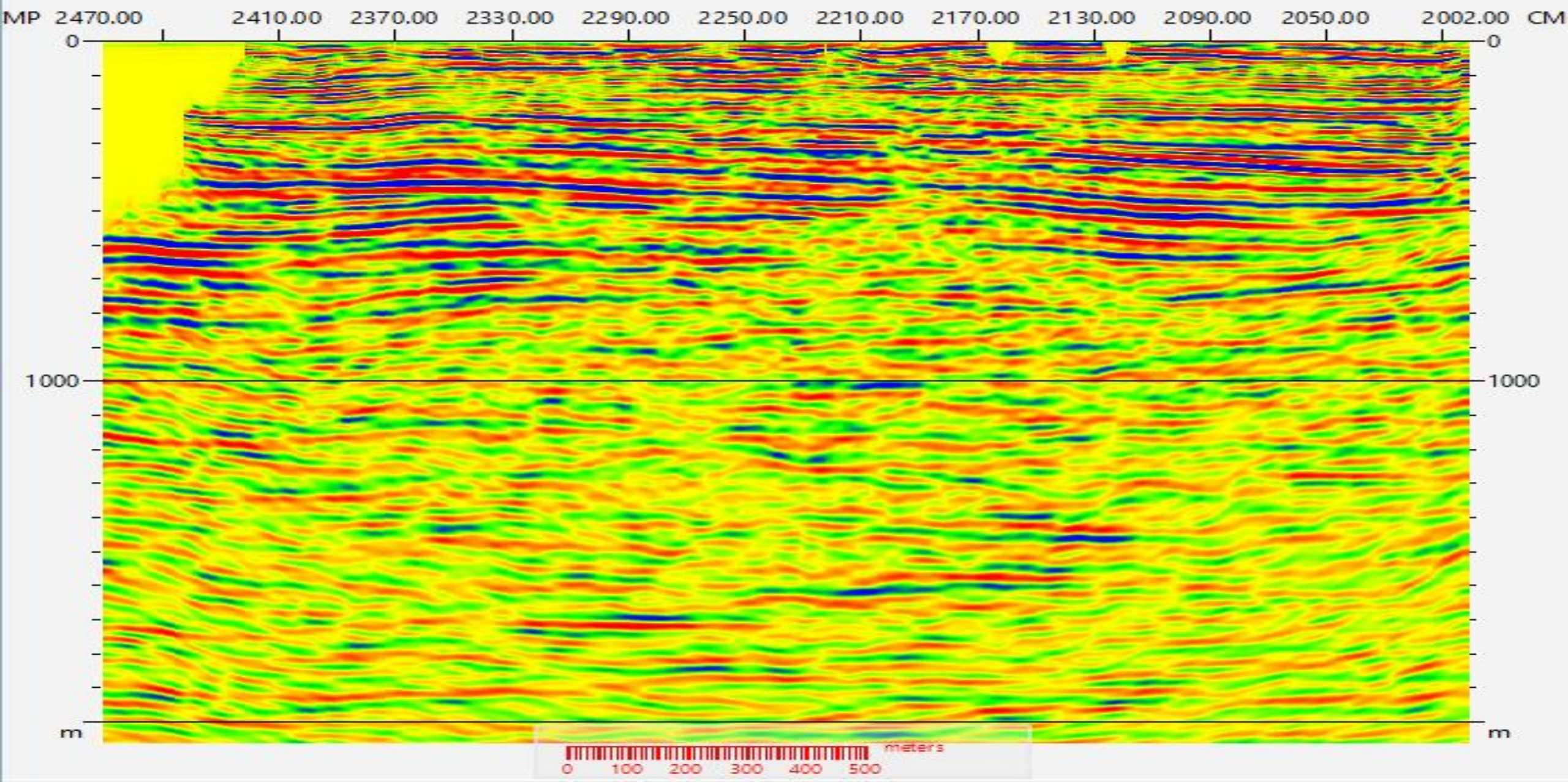
ES-0384-RL-0101-INVERSÃO PARA IMPEDÂNCIA ACÚSTICA -SEM INTERPRETAÇÃO



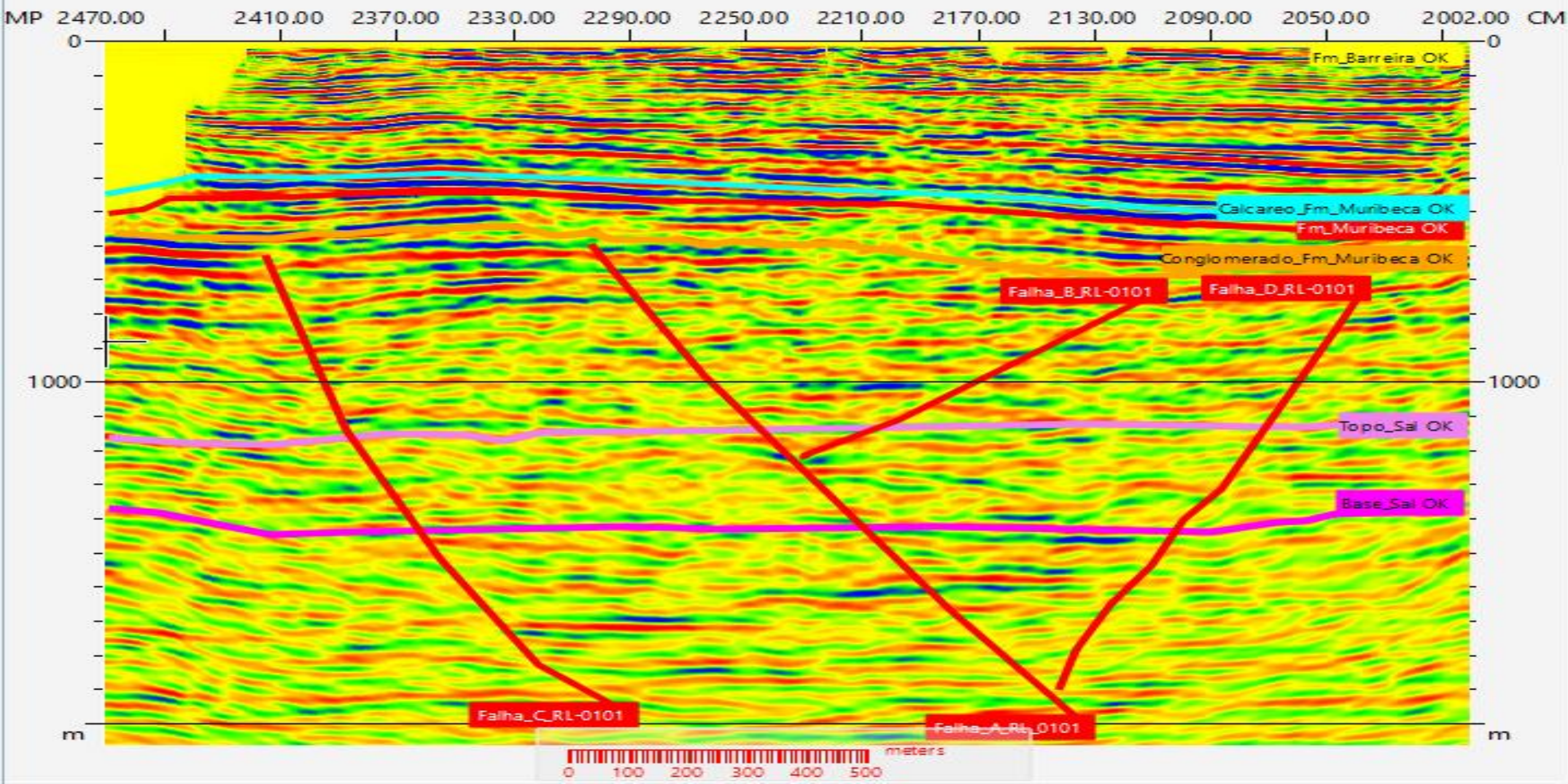
ES-0384-RL-0101-INVERSÃO PARA IMPEDÂNCIA ACÚSTICA - COM INTERPRETAÇÃO



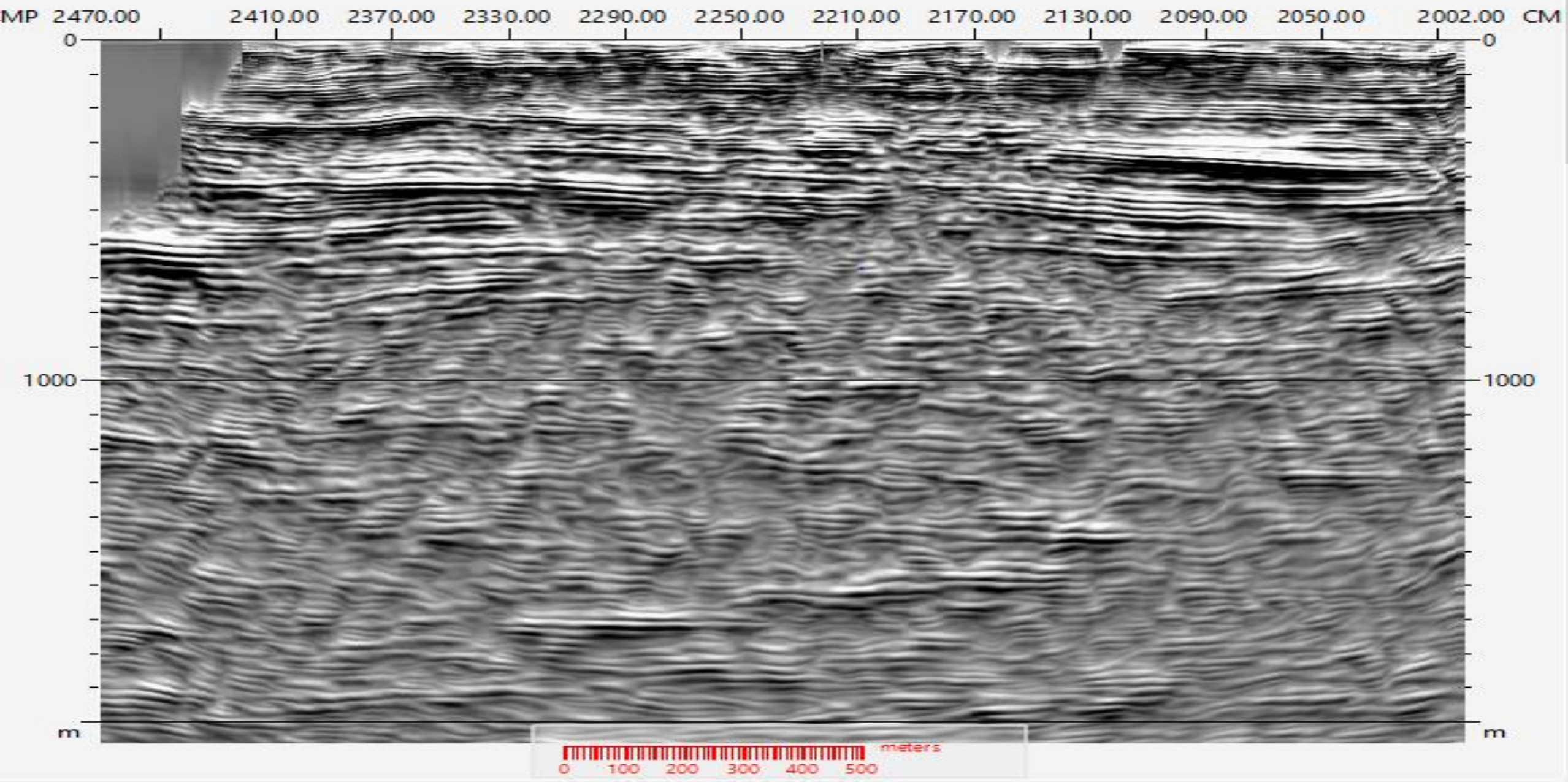
ES-0384-RL-0101- INVERSÃO PARA IMP. ACÚSTICA - PALETA DE CORES PHASE2- SEM INTERPRETAÇÃO



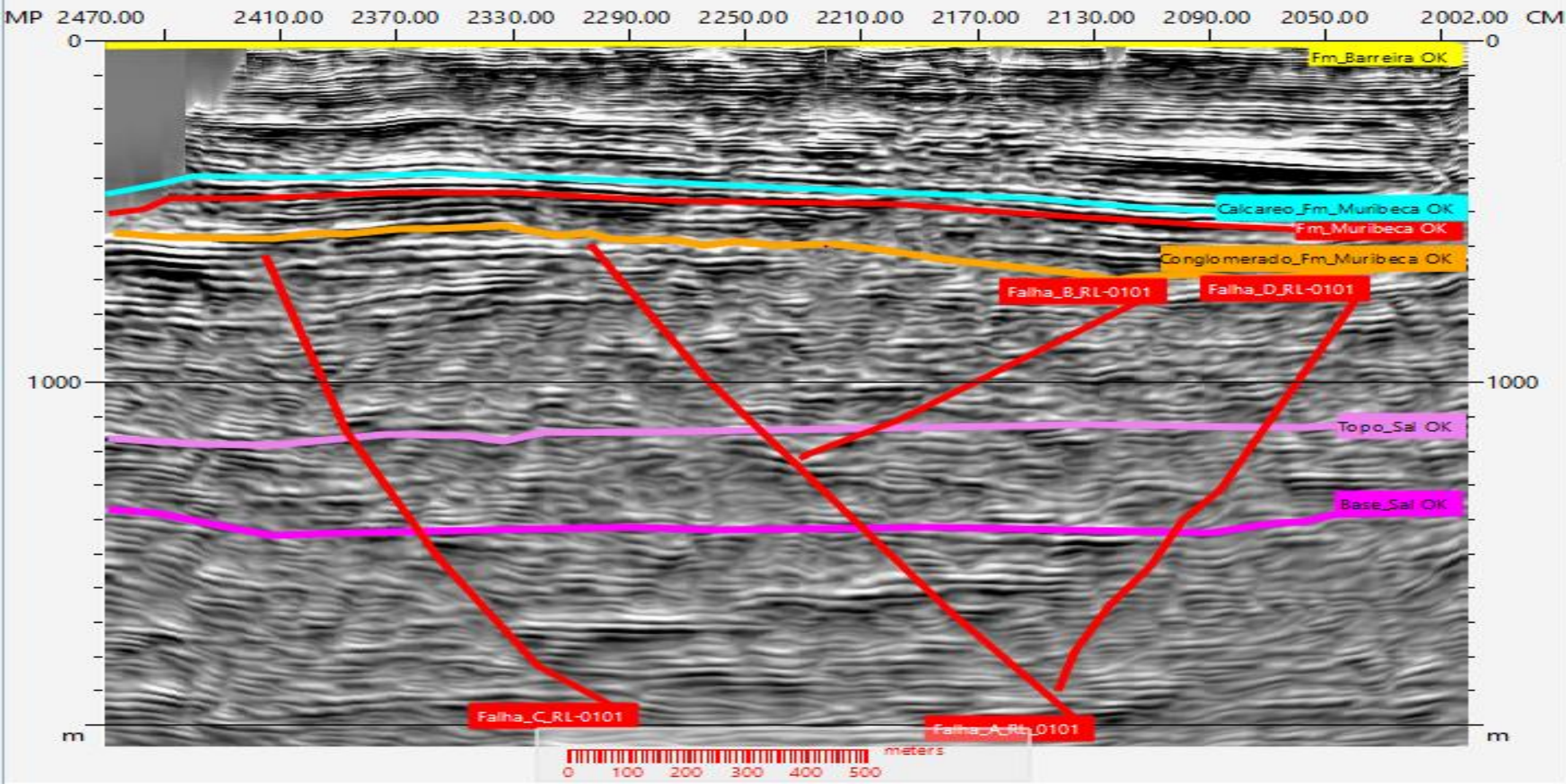
ES-0384-RL-0101- INVERSÃO PARA IMP. ACÚSTICA - PALETA DE CORES PHASE2- COM INTERPRETAÇÃO

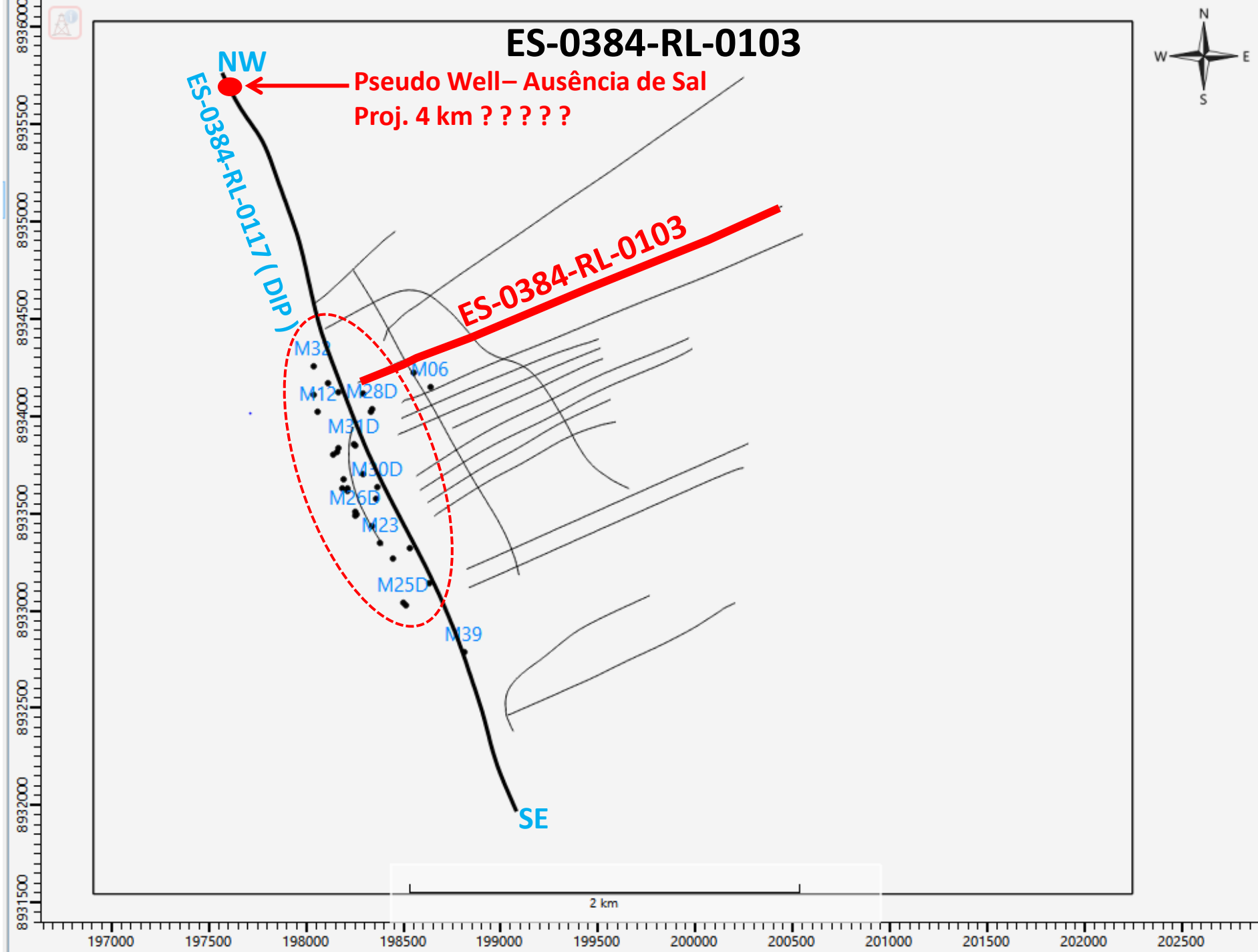


ES-0384-RL-0101-INVERSÃO PARA IMPEDÂNCIA ACÚSTICA - VOL- AMP -SEM INTERPRETAÇÃO

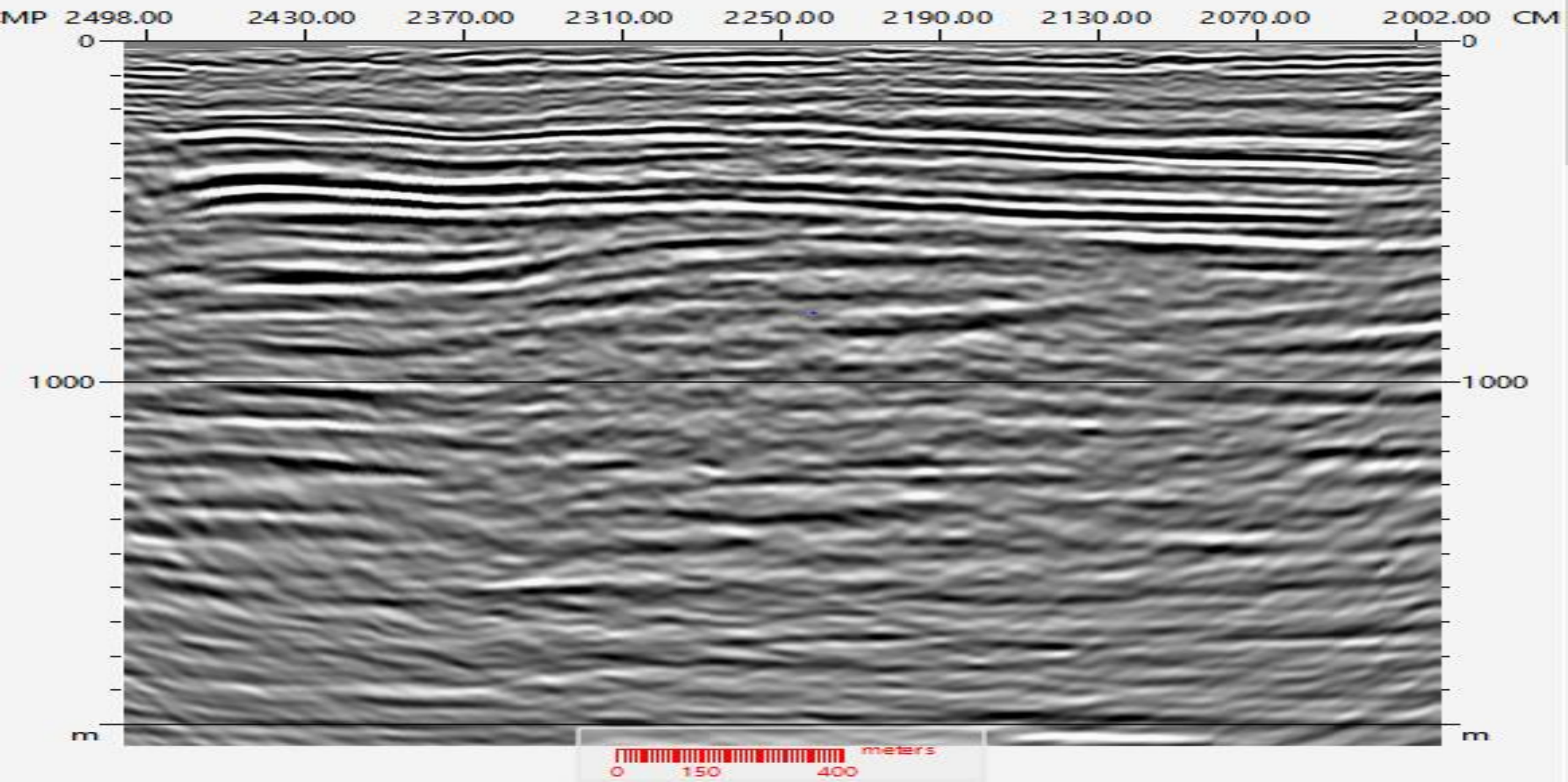


ES-0384-RL-0101-INVERSÃO PARA IMPEDÂNCIA ACÚSTICA - VOL- AMP -COM INTERPRETAÇÃO

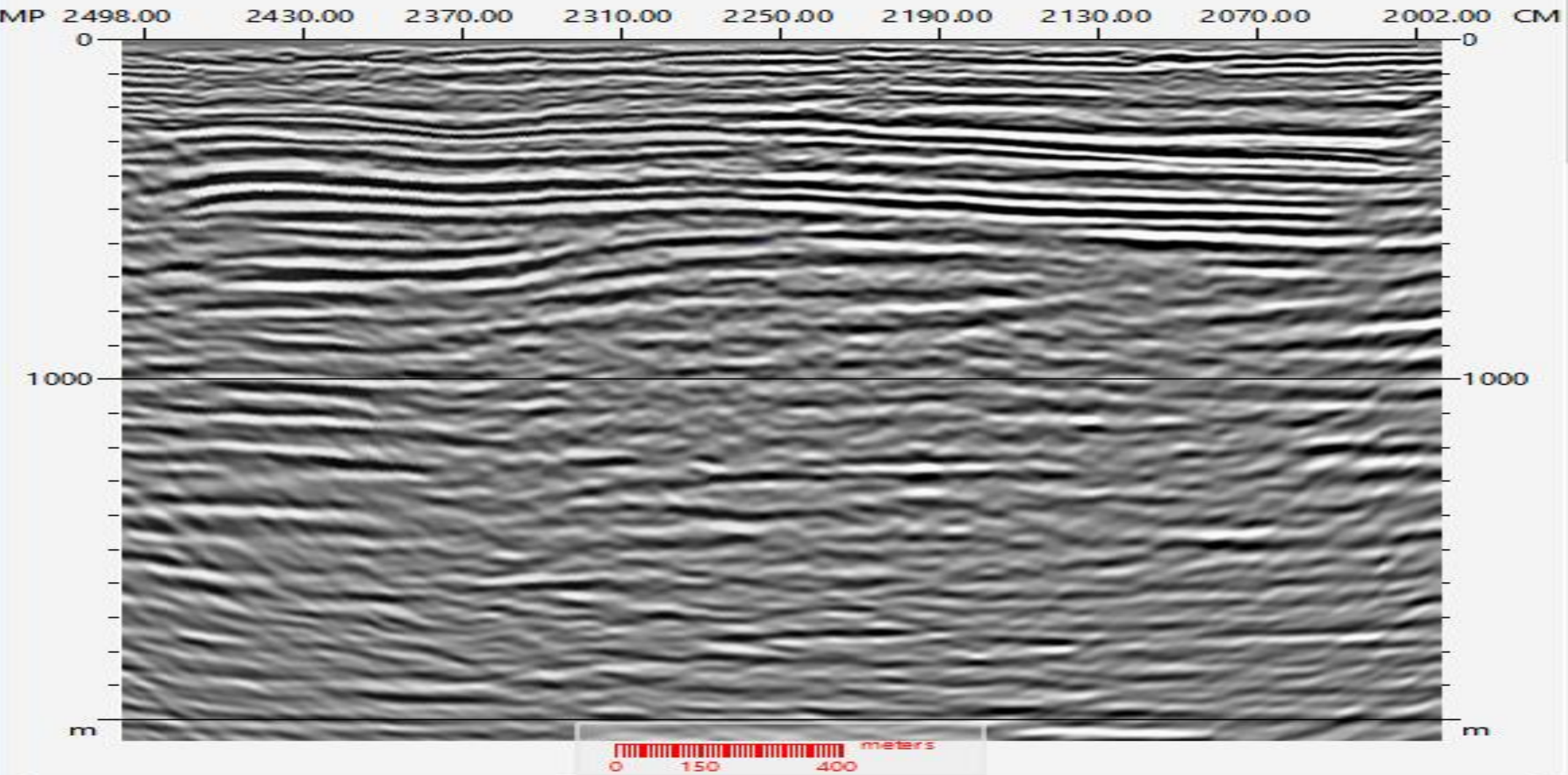




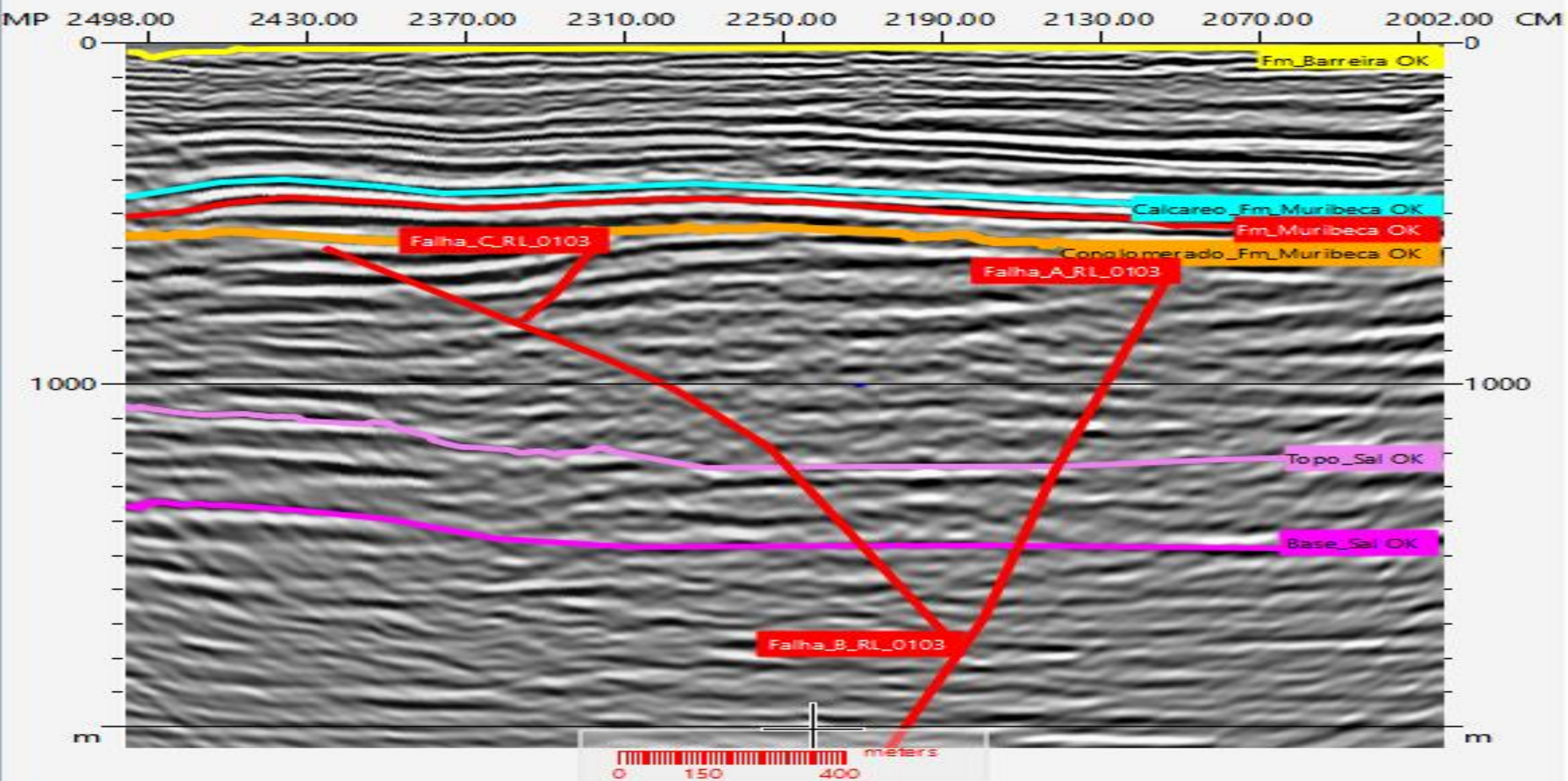
ES-0384-RL-0103- DADO SÍSMICO RECEBIDO DO PROCESSAMENTO



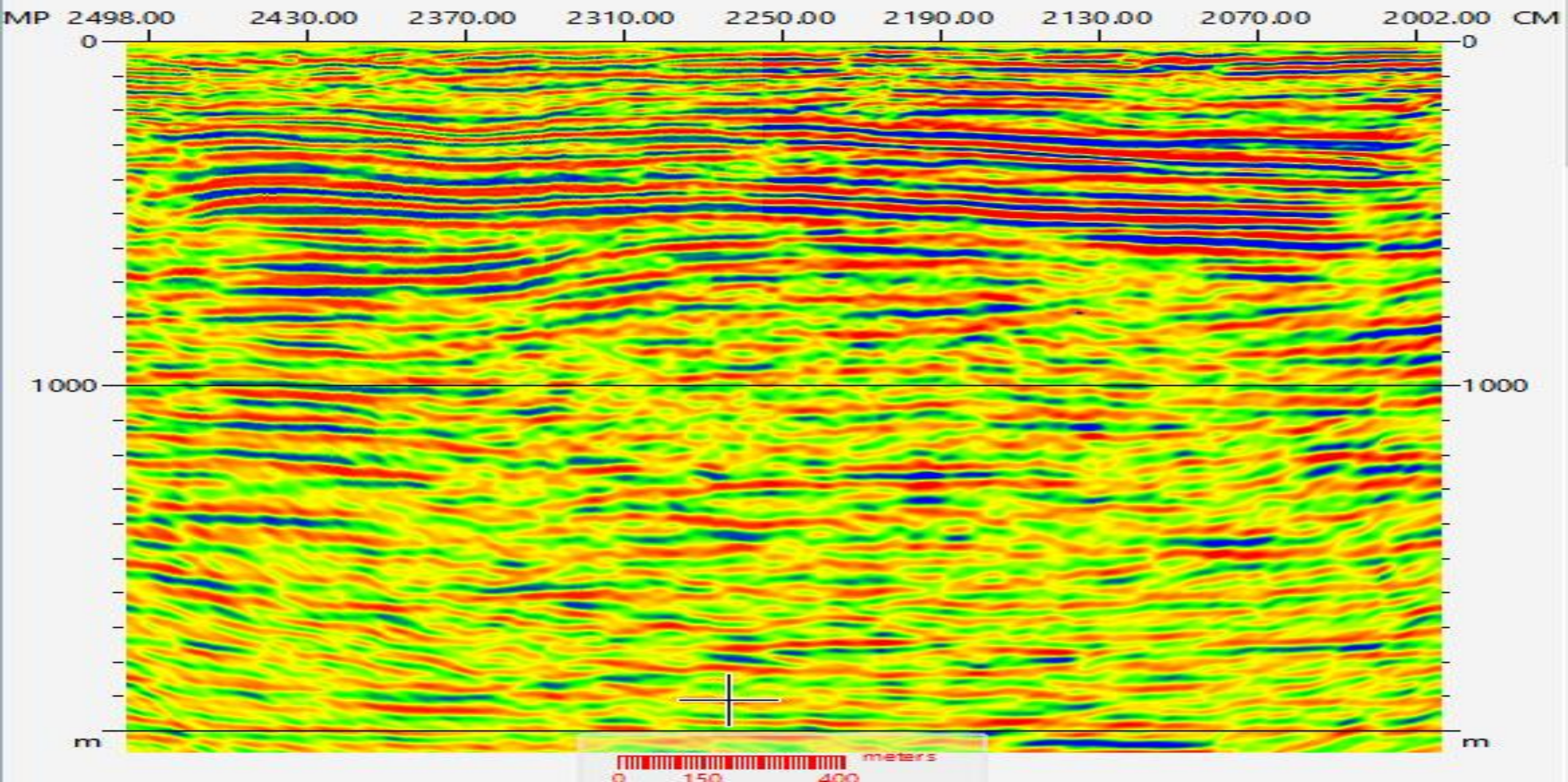
ES-0384-RL-0103-INVERSÃO PARA IMPEDÂNCIA ACÚSTICA -SEM INTERPRETAÇÃO



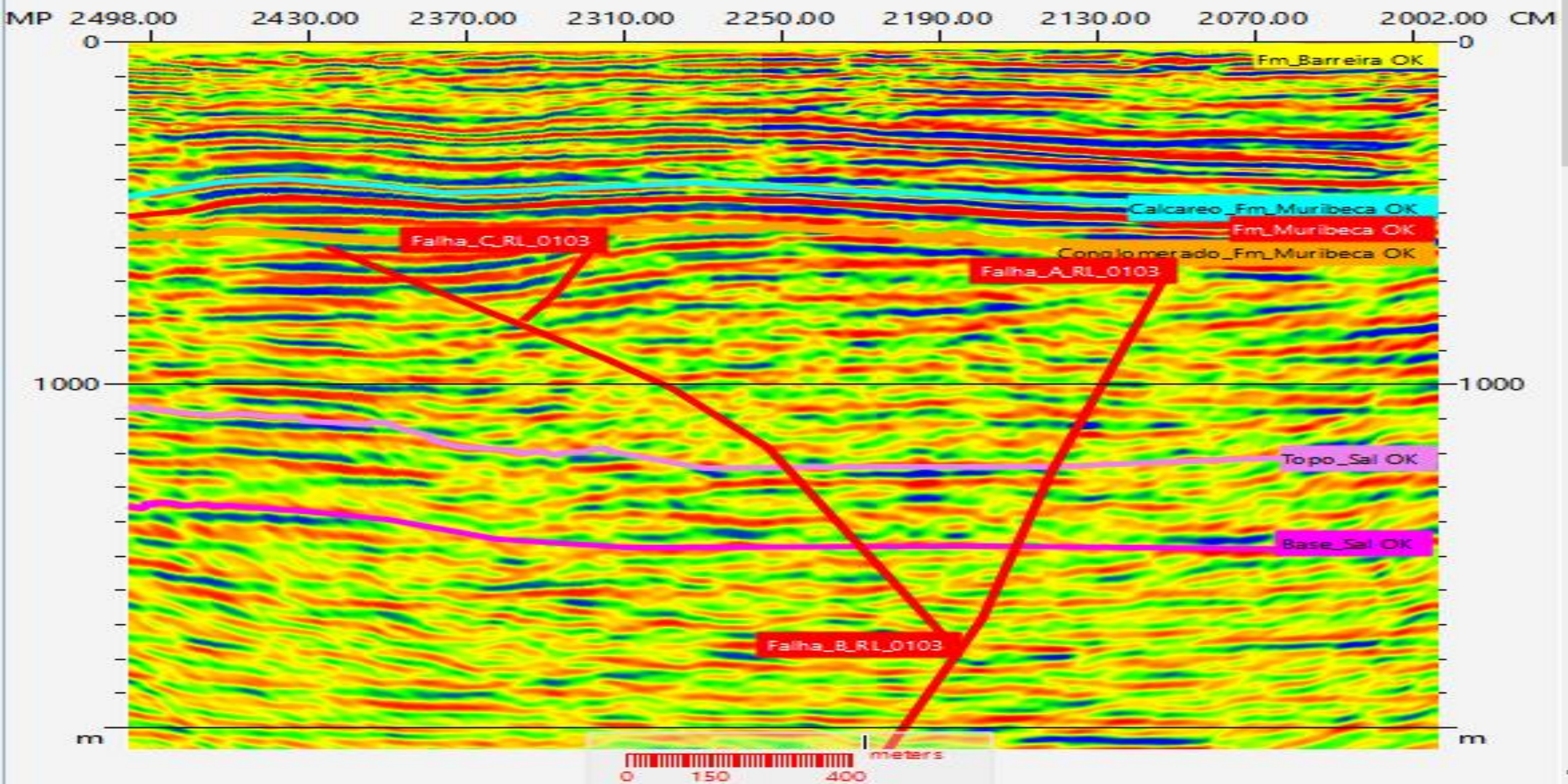
ES-0384-RL-0103-INVERSÃO PARA IMPEDÂNCIA ACÚSTICA - COM INTERPRETAÇÃO



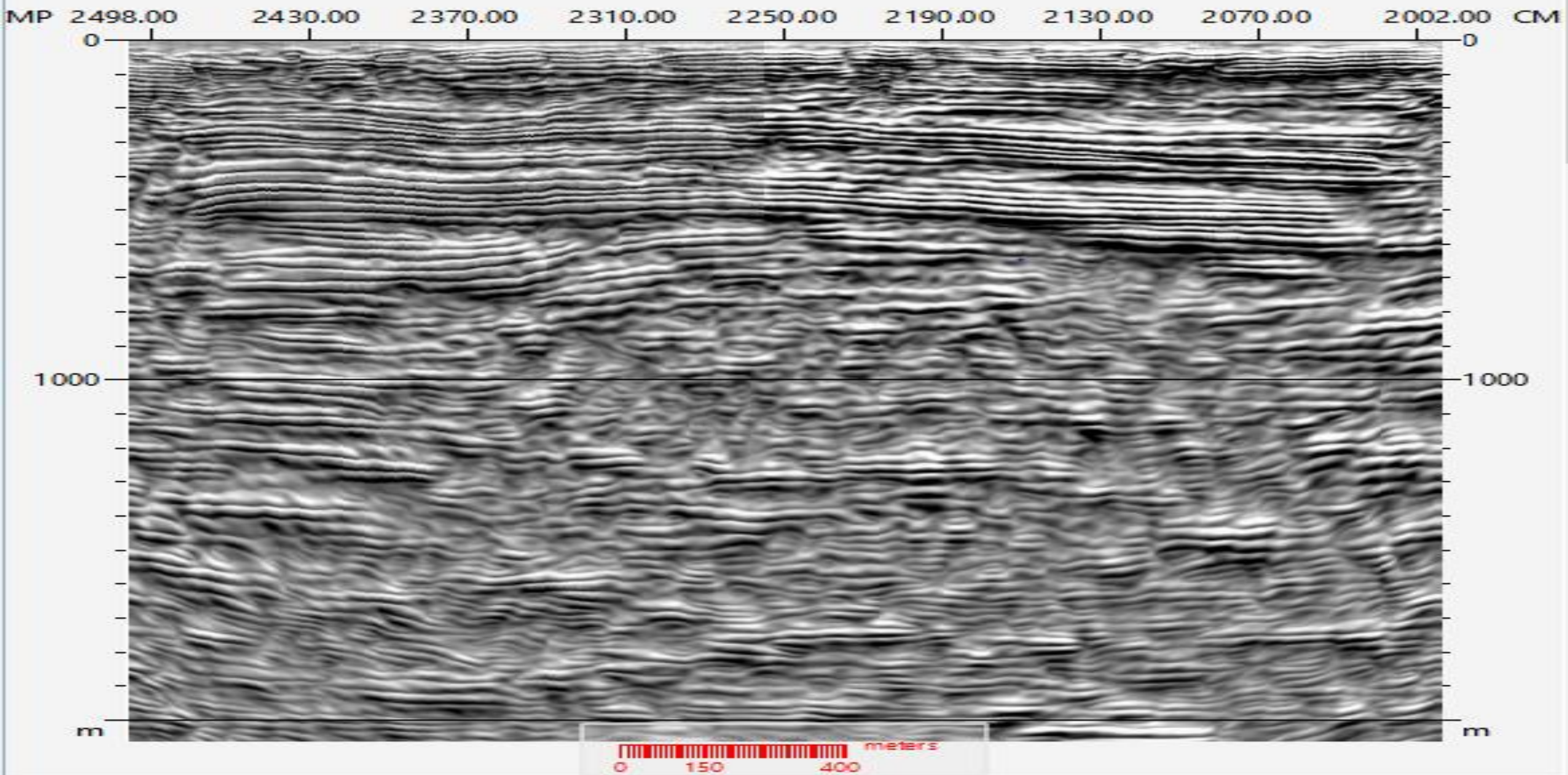
ES-0384-RL-0103- INVERSÃO PARA IMP. ACÚSTICA - PALETA DE CORES PHASE2- SEM INTERPRETAÇÃO



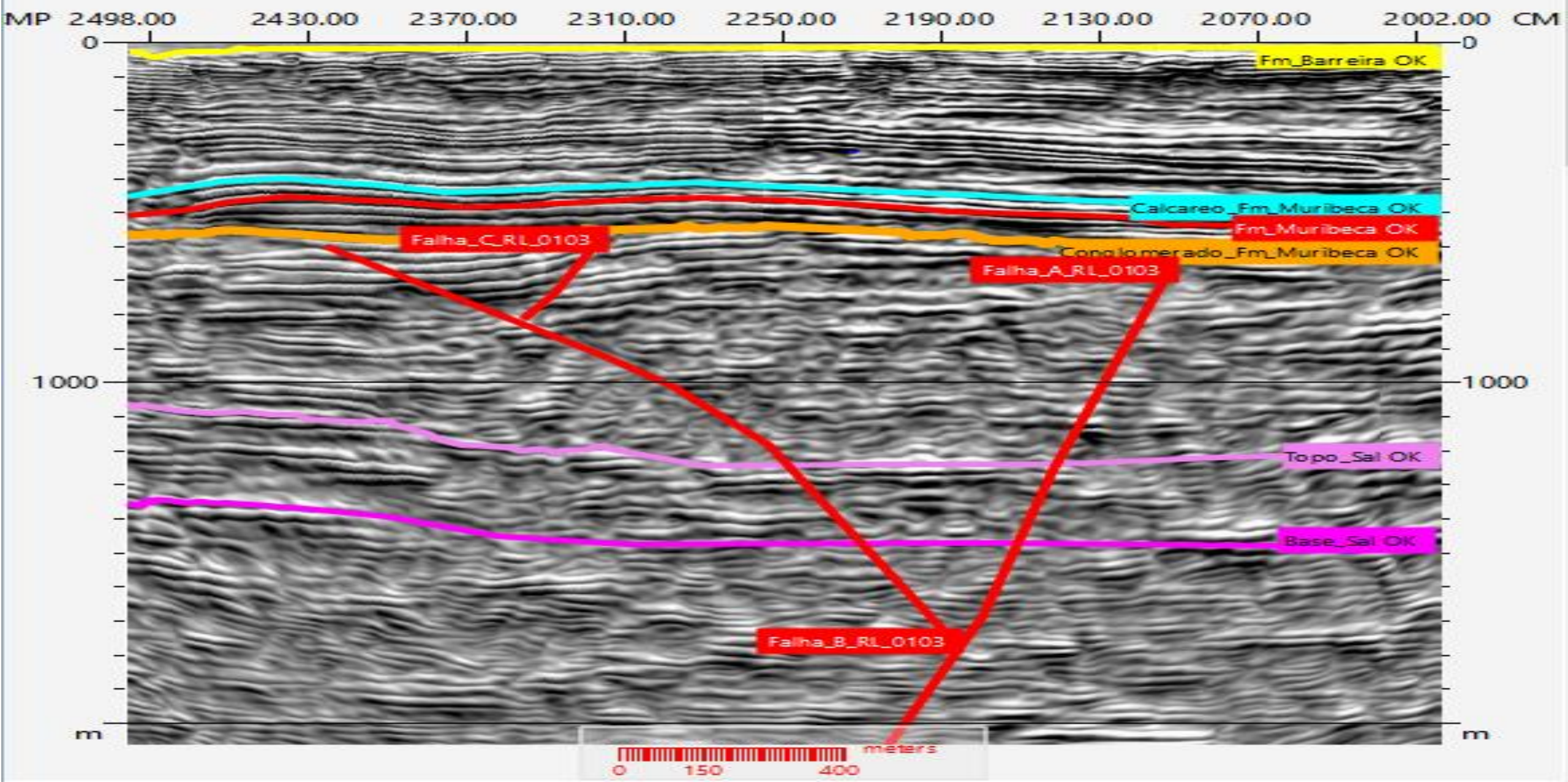
ES-0384-RL-0103- INVERSÃO PARA IMP. ACÚSTICA - PALETA DE CORES PHASE2- COM INTERPRETAÇÃO

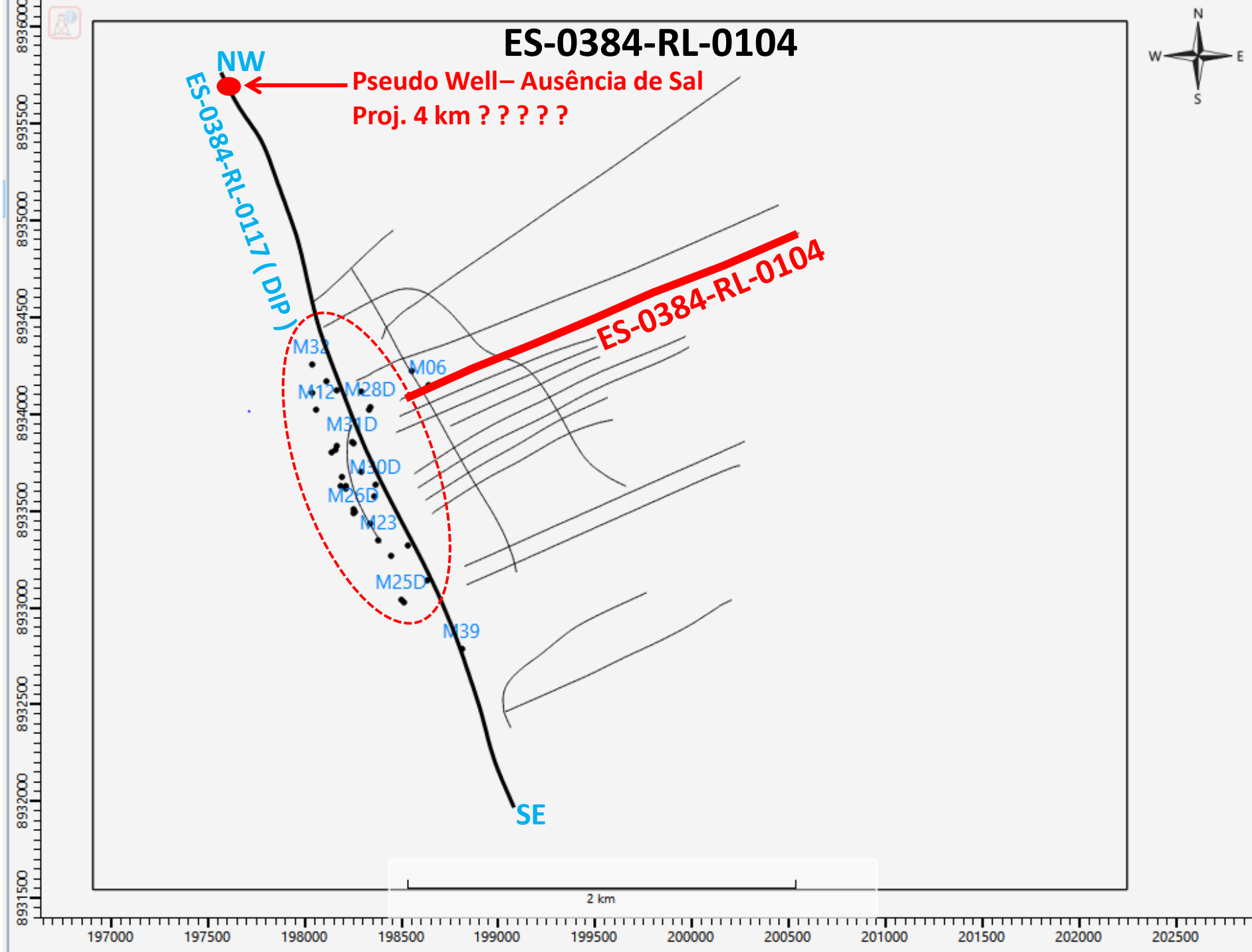


ES-0384-RL-0103-INVERSÃO PARA IMPEDÂNCIA ACÚSTICA - VOL- AMP -SEM INTERPRETAÇÃO

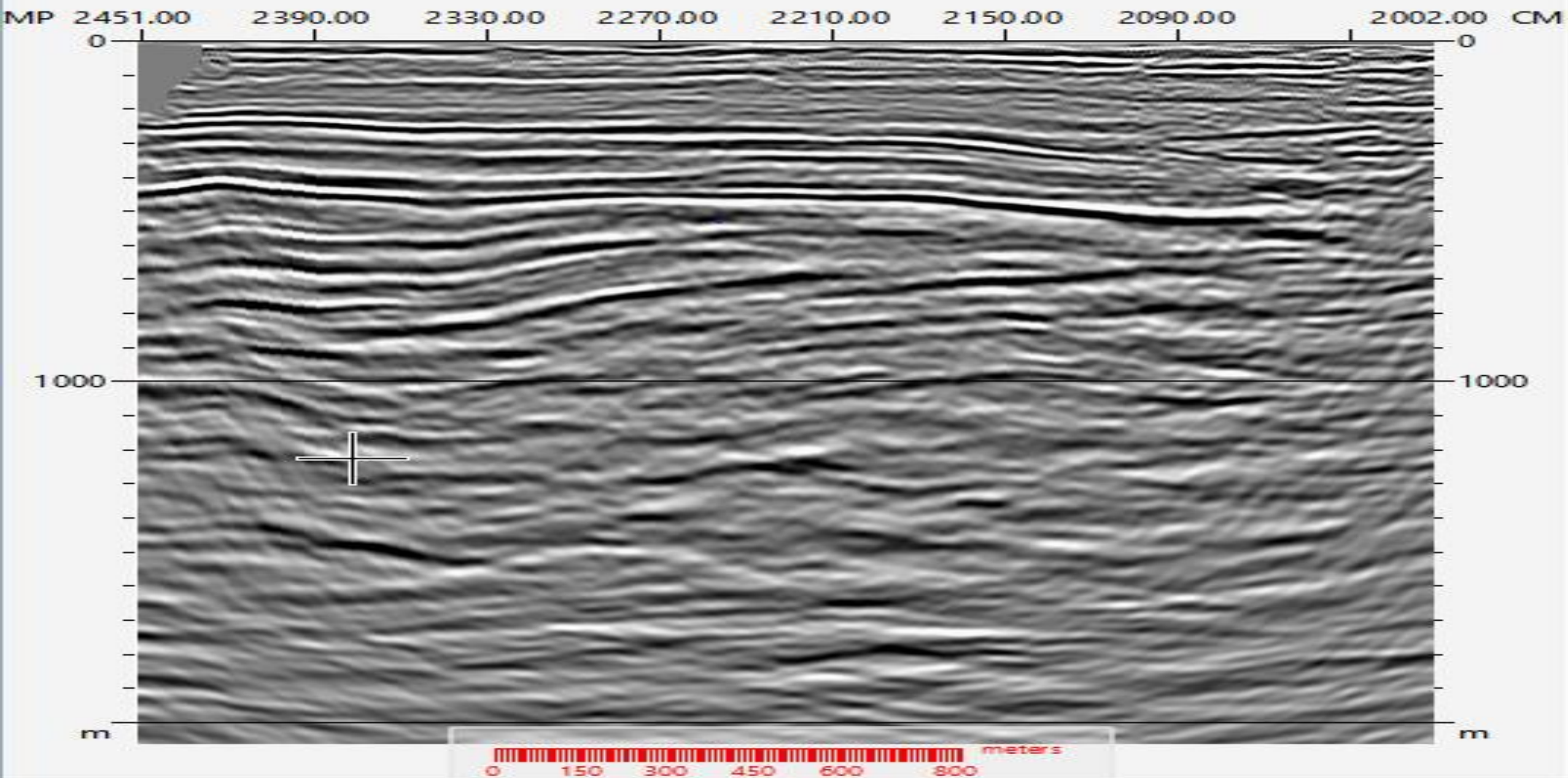


ES-0384-RL-0103-INVERSÃO PARA IMPEDÂNCIA ACÚSTICA - VOL- AMP -COM INTERPRETAÇÃO

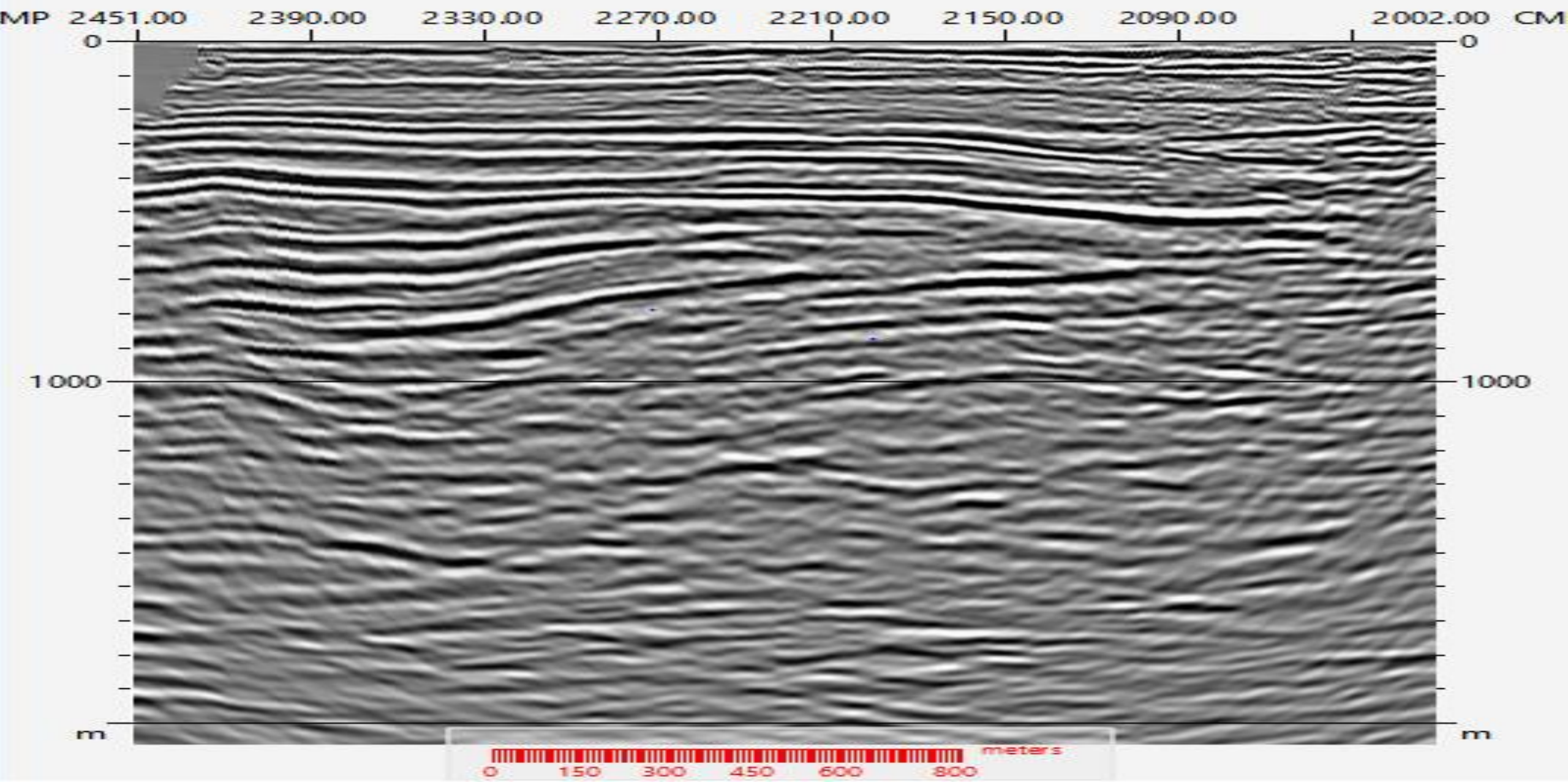




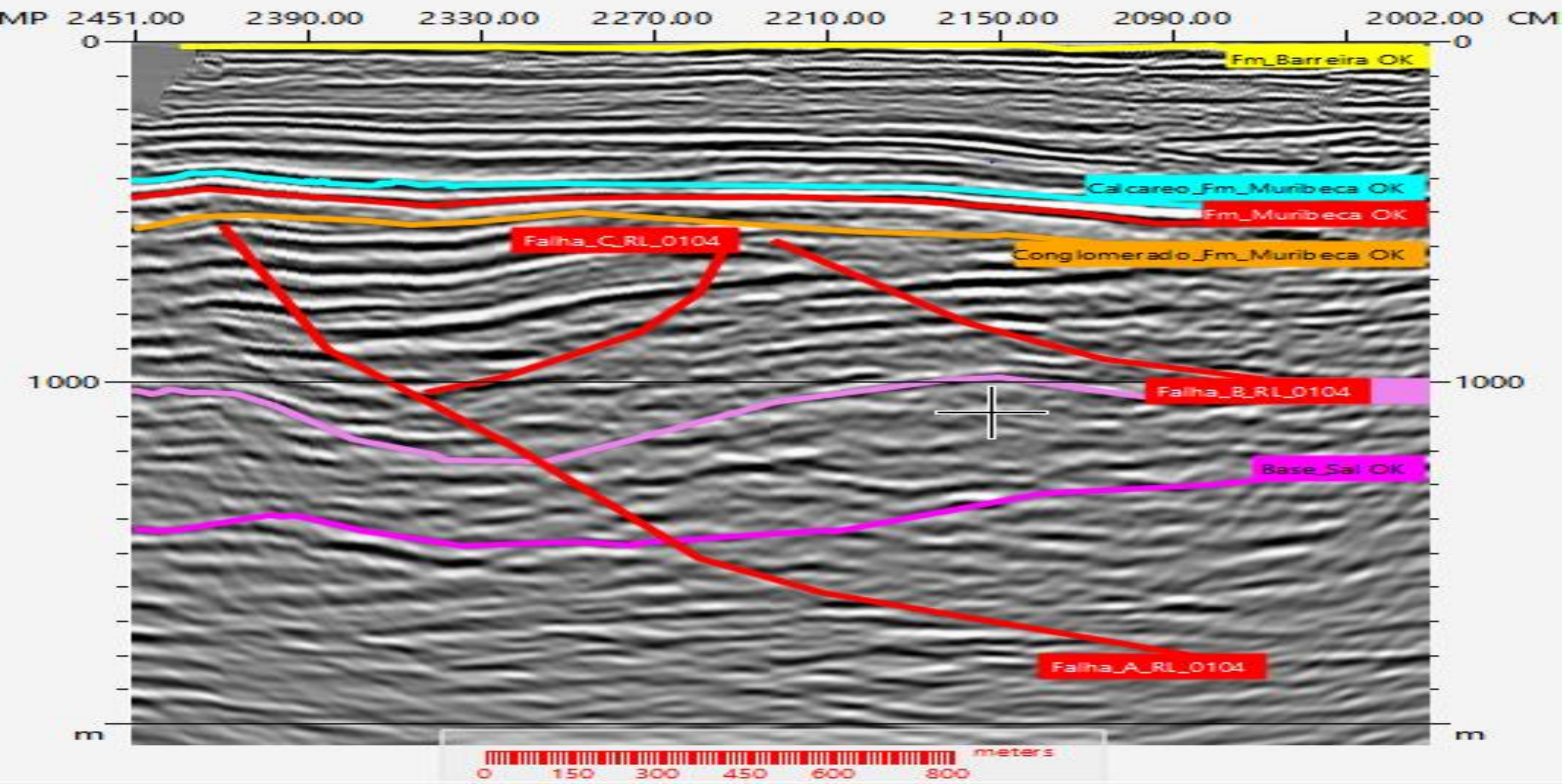
ES-0384-RL-0104- DADO SÍSMICO RECEBIDO DO PROCESSAMENTO



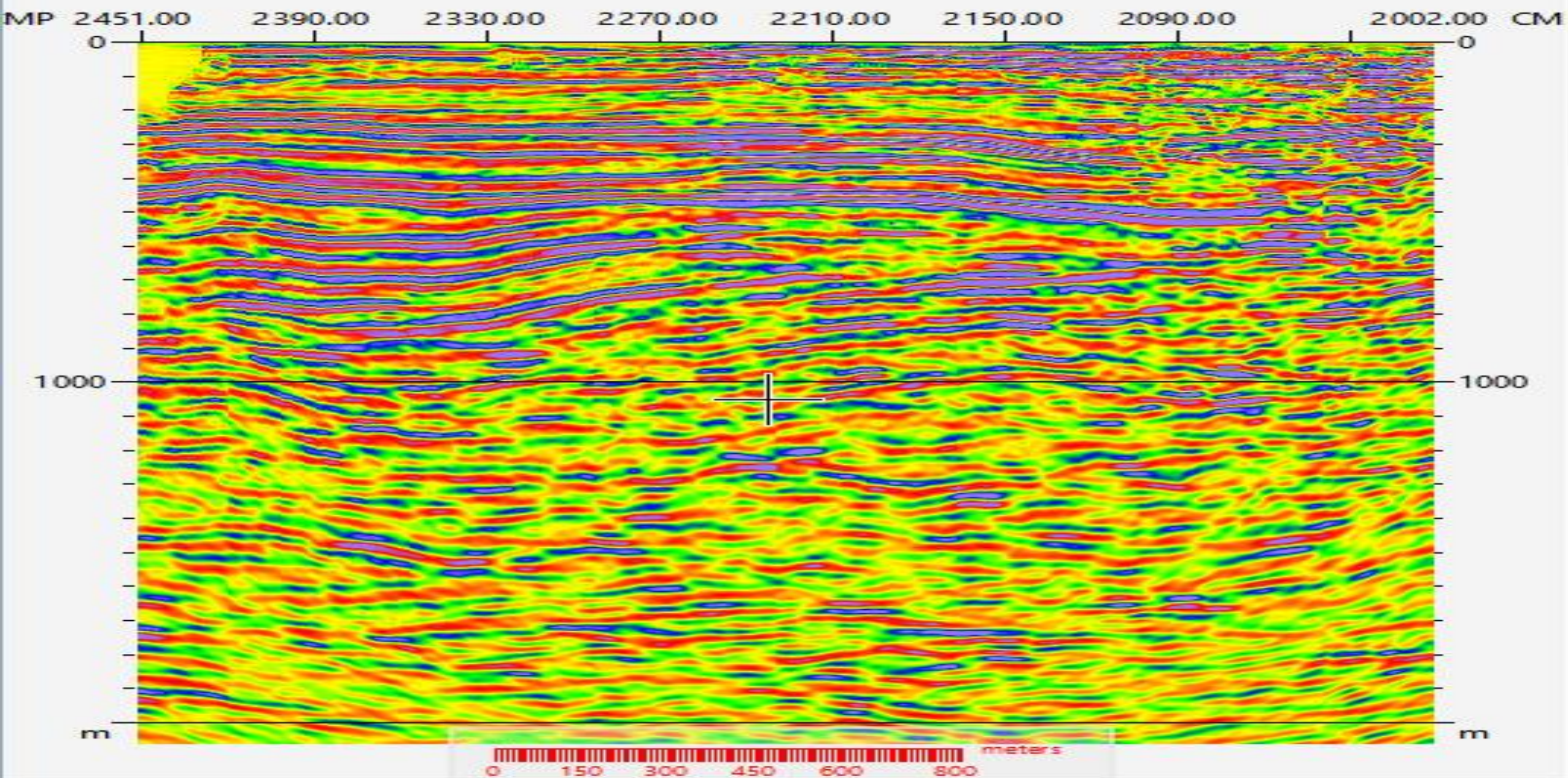
ES-0384-RL-0104-INVERSÃO PARA IMPEDÂNCIA ACÚSTICA -SEM INTERPRETAÇÃO



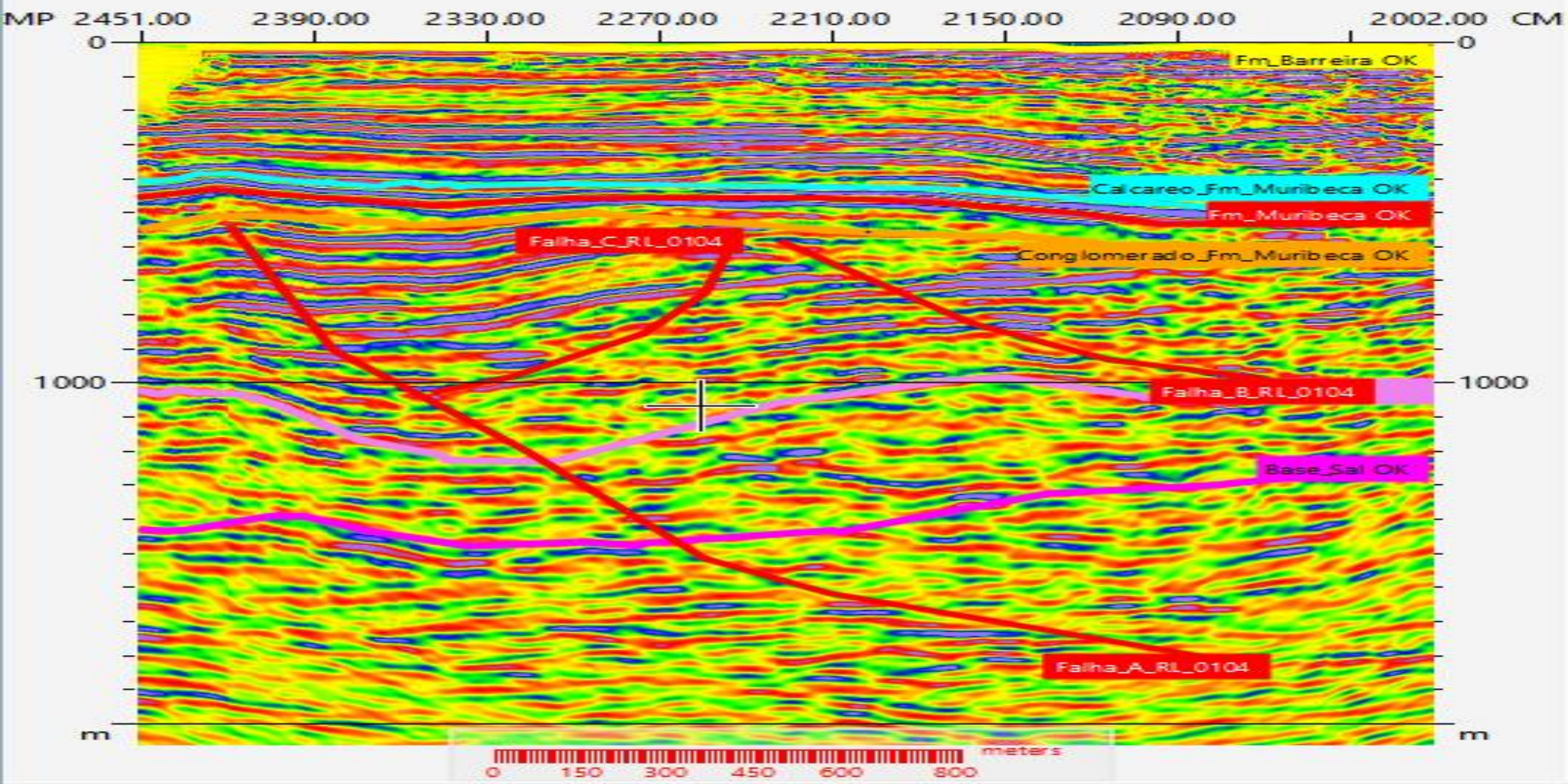
ES-0384-RL-0104-INVERSÃO PARA IMPEDÂNCIA ACÚSTICA - COM INTERPRETAÇÃO



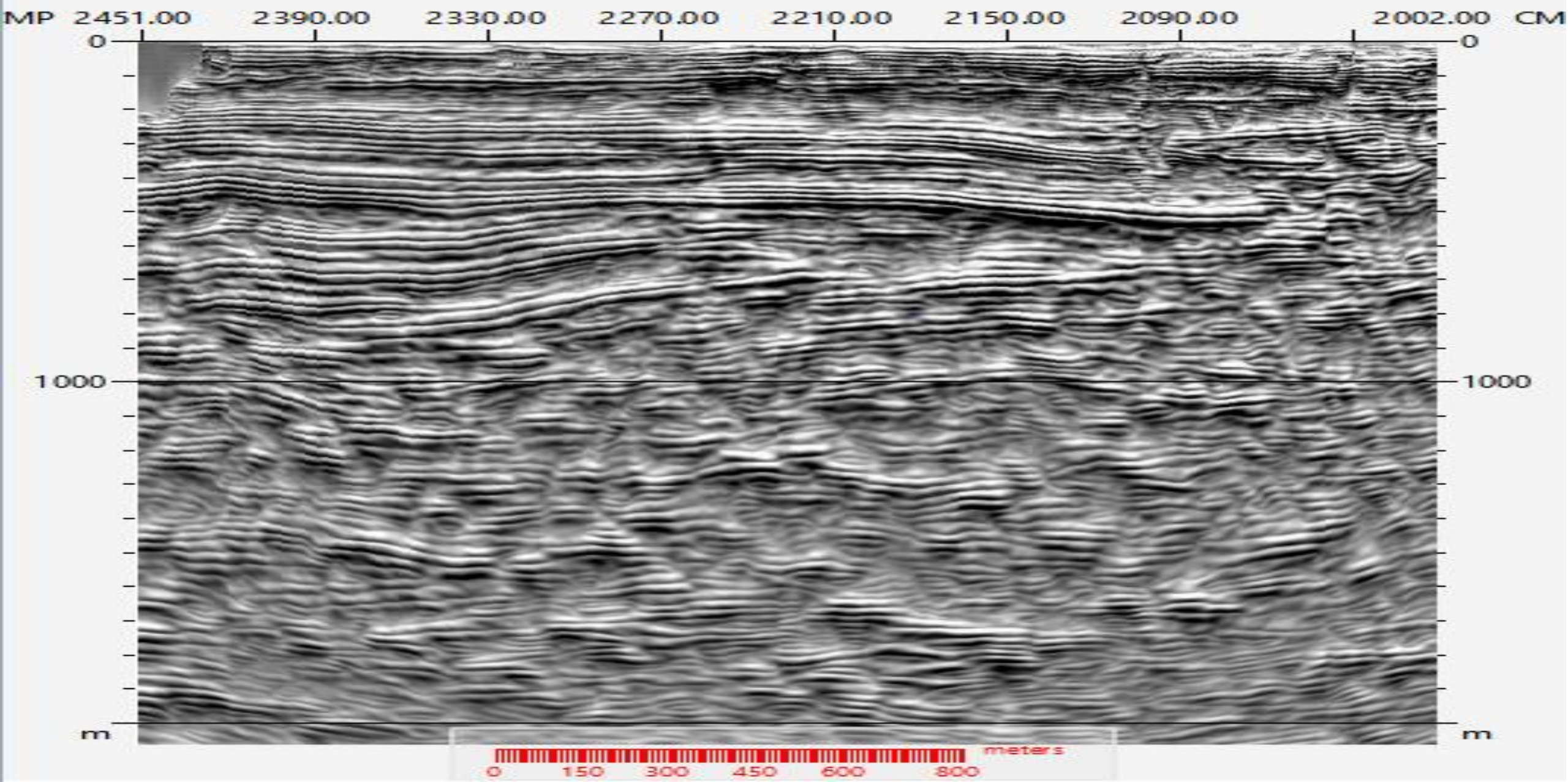
ES-0384-RL-0104- INVERSÃO PARA IMP. ACÚSTICA - PALETA DE CORES PHASE2- SEM INTERPRETAÇÃO



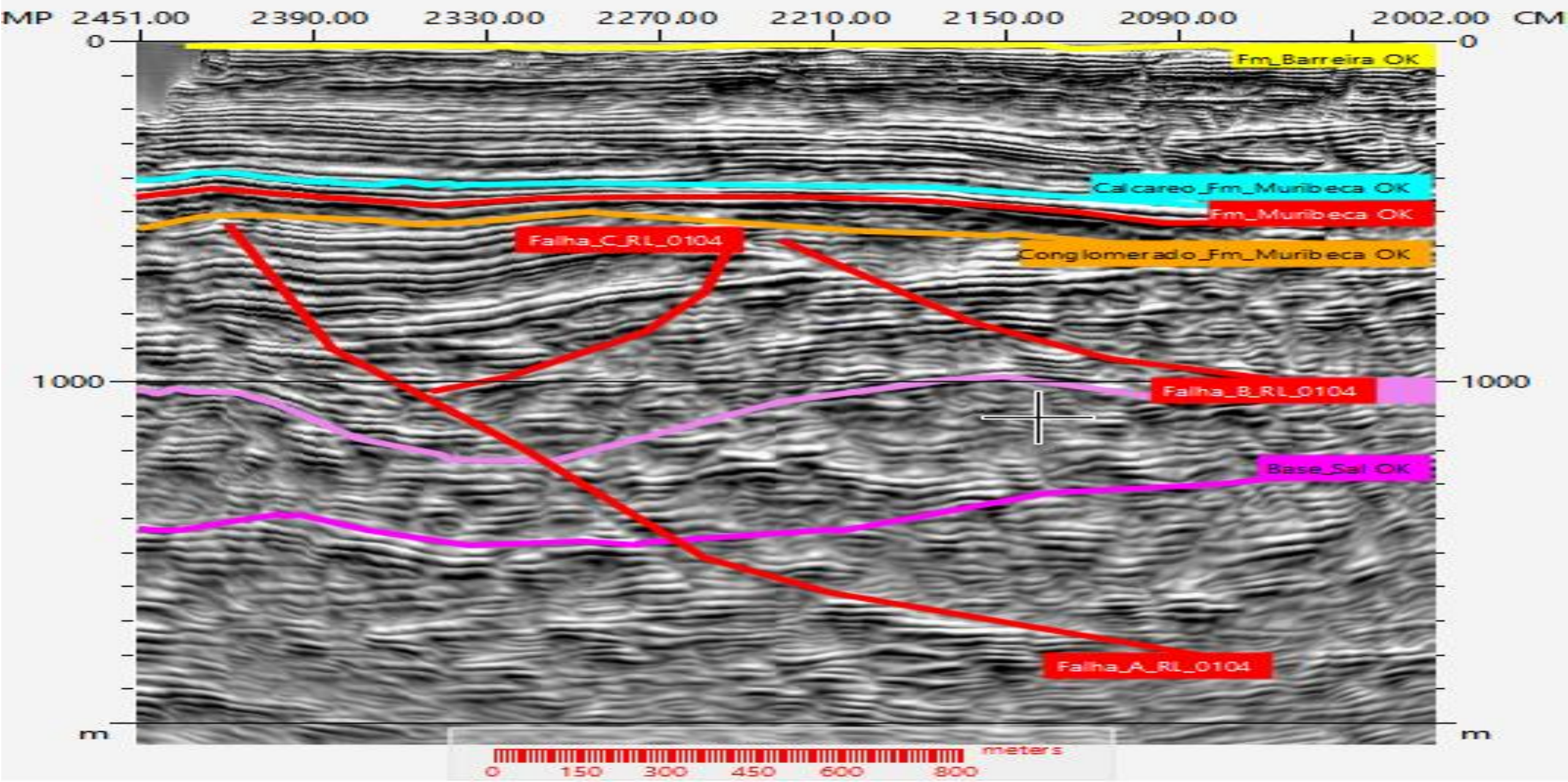
ES-0384-RL-0104- INVERSÃO PARA IMP. ACÚSTICA - PALETA DE CORES PHASE2- COM INTERPRETAÇÃO



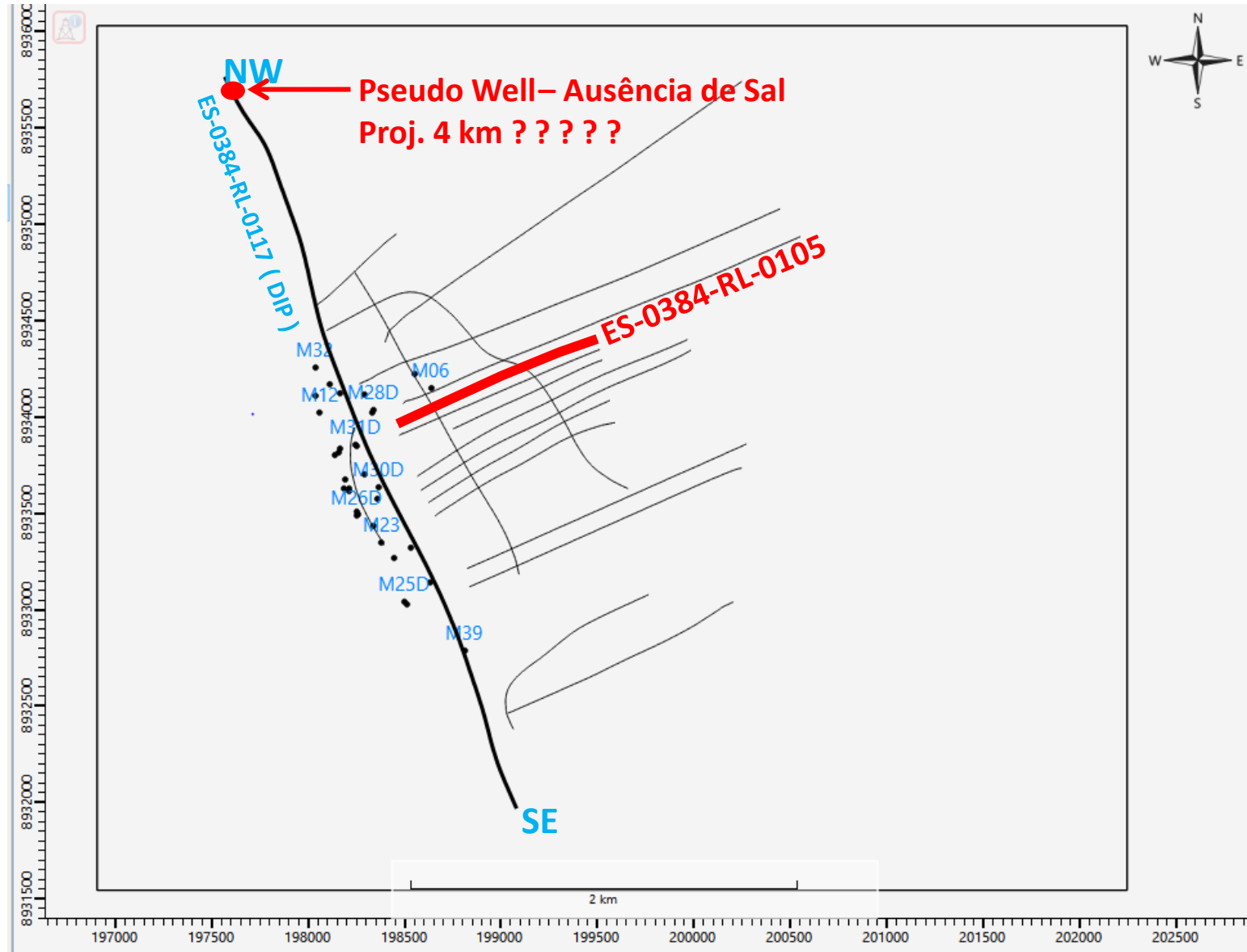
ES-0384-RL-0104-INVERSÃO PARA IMPEDÂNCIA ACÚSTICA - VOL- AMP -SEM INTERPRETAÇÃO



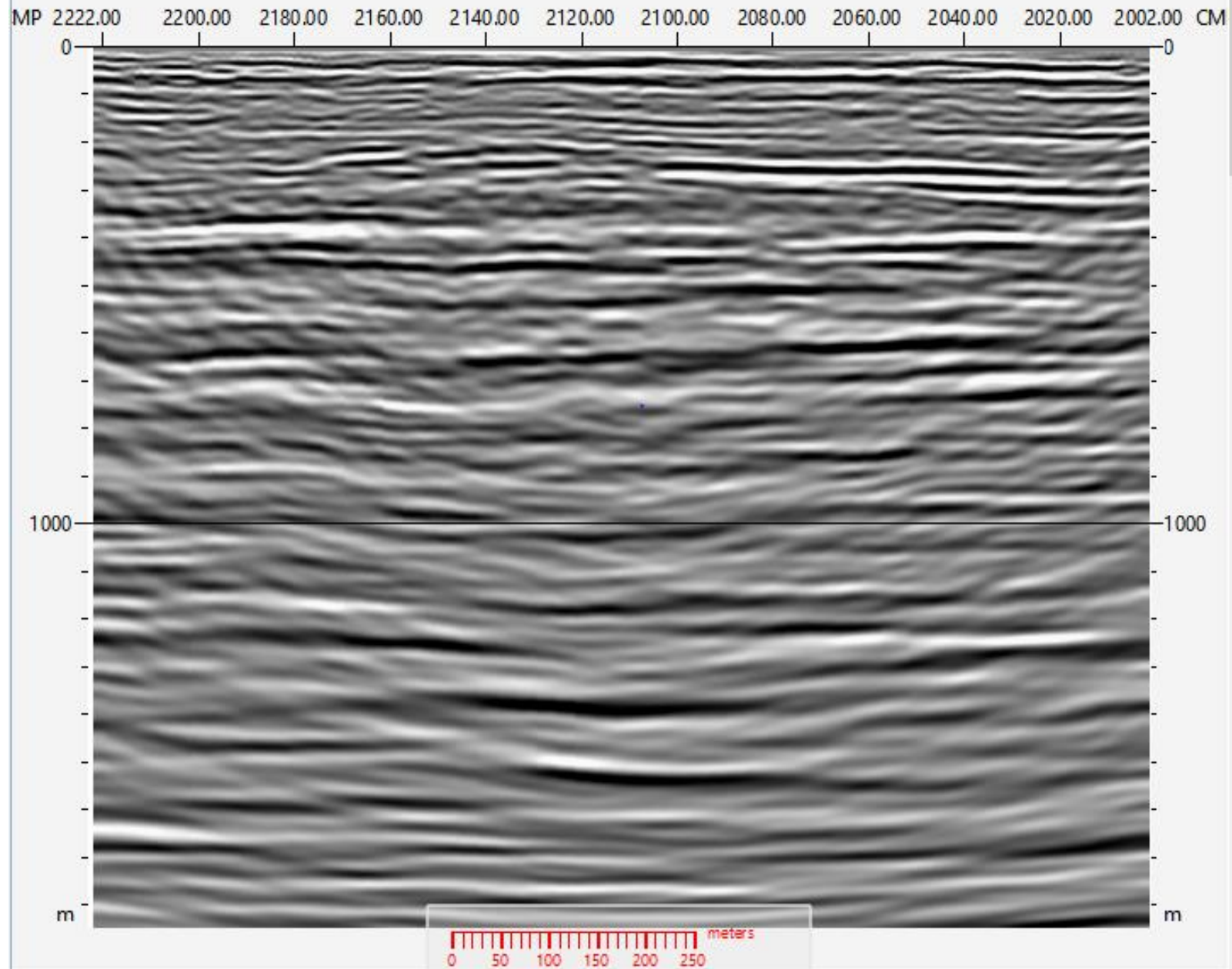
ES-0384-RL-0104-INVERSÃO PARA IMPEDÂNCIA ACÚSTICA - VOL- AMP -COM INTERPRETAÇÃO



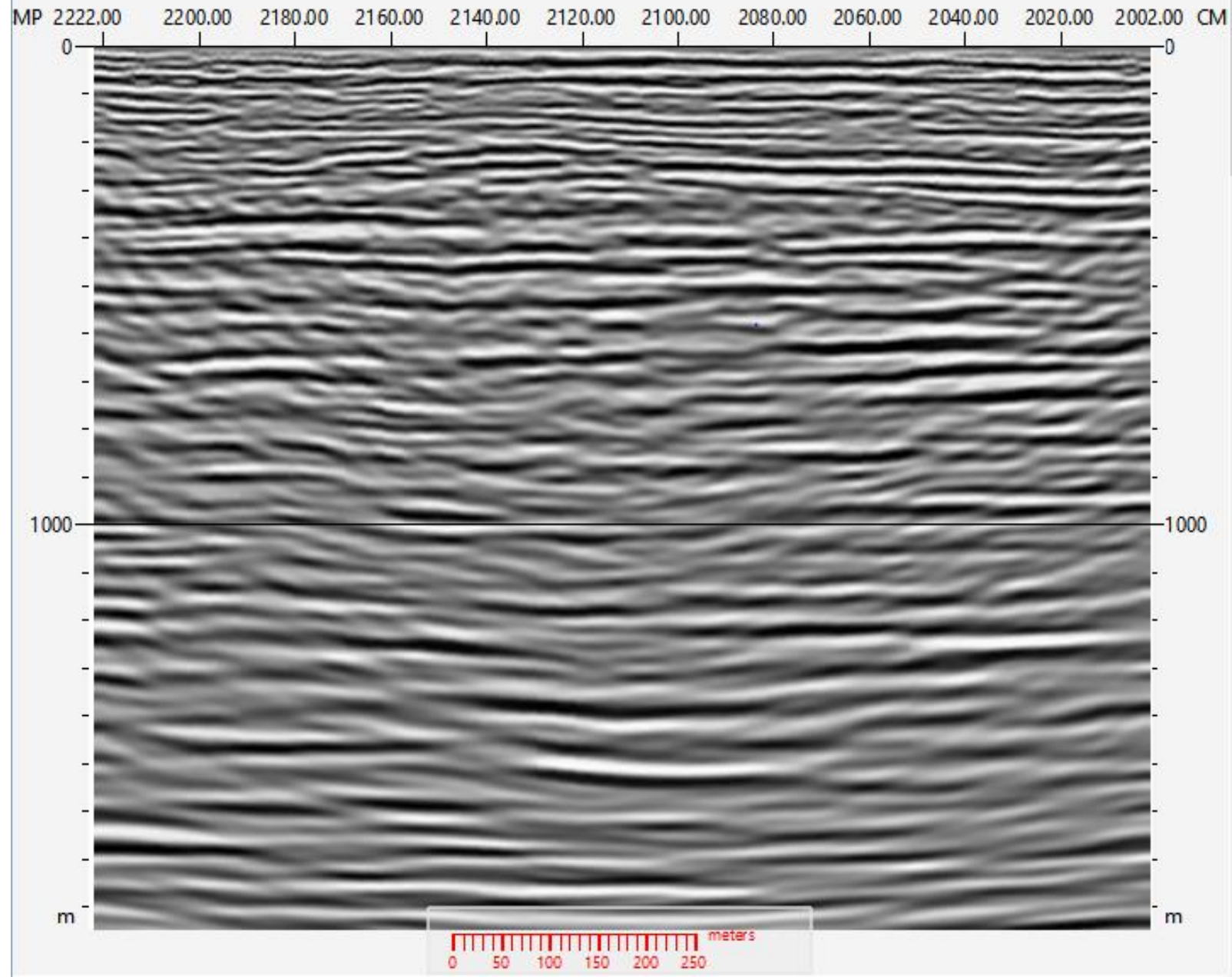
ES-0384-RL-0105



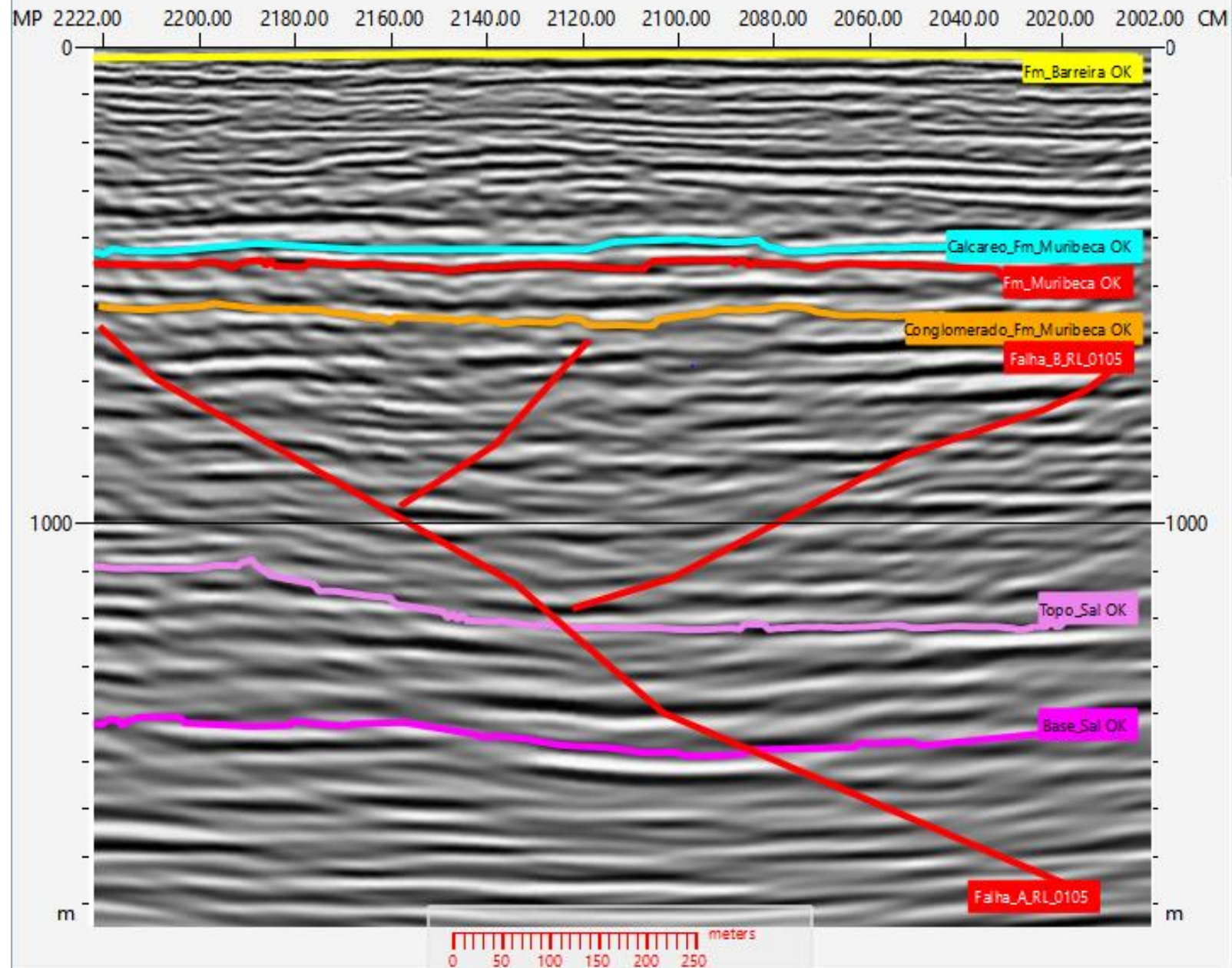
ES-0384-RL-0119-DADO RECEBIDO DO PROCESSAMENTO - SEM INTERPRETAÇÃO



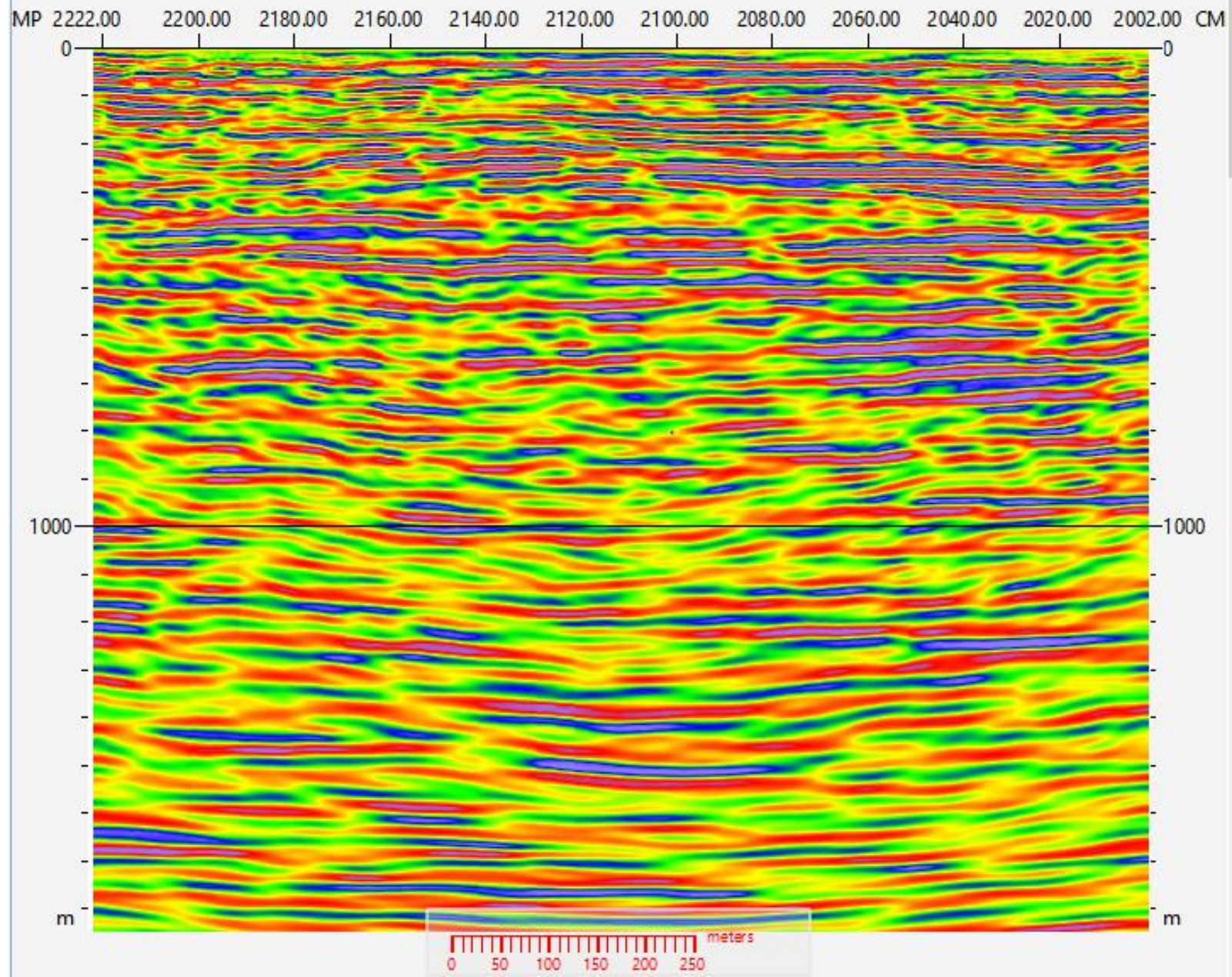
ES-0384-RL-0105-INVERSÃO PARA IMPEDÂNCIA ACÚSTICA -SEM INTERPRETAÇÃO



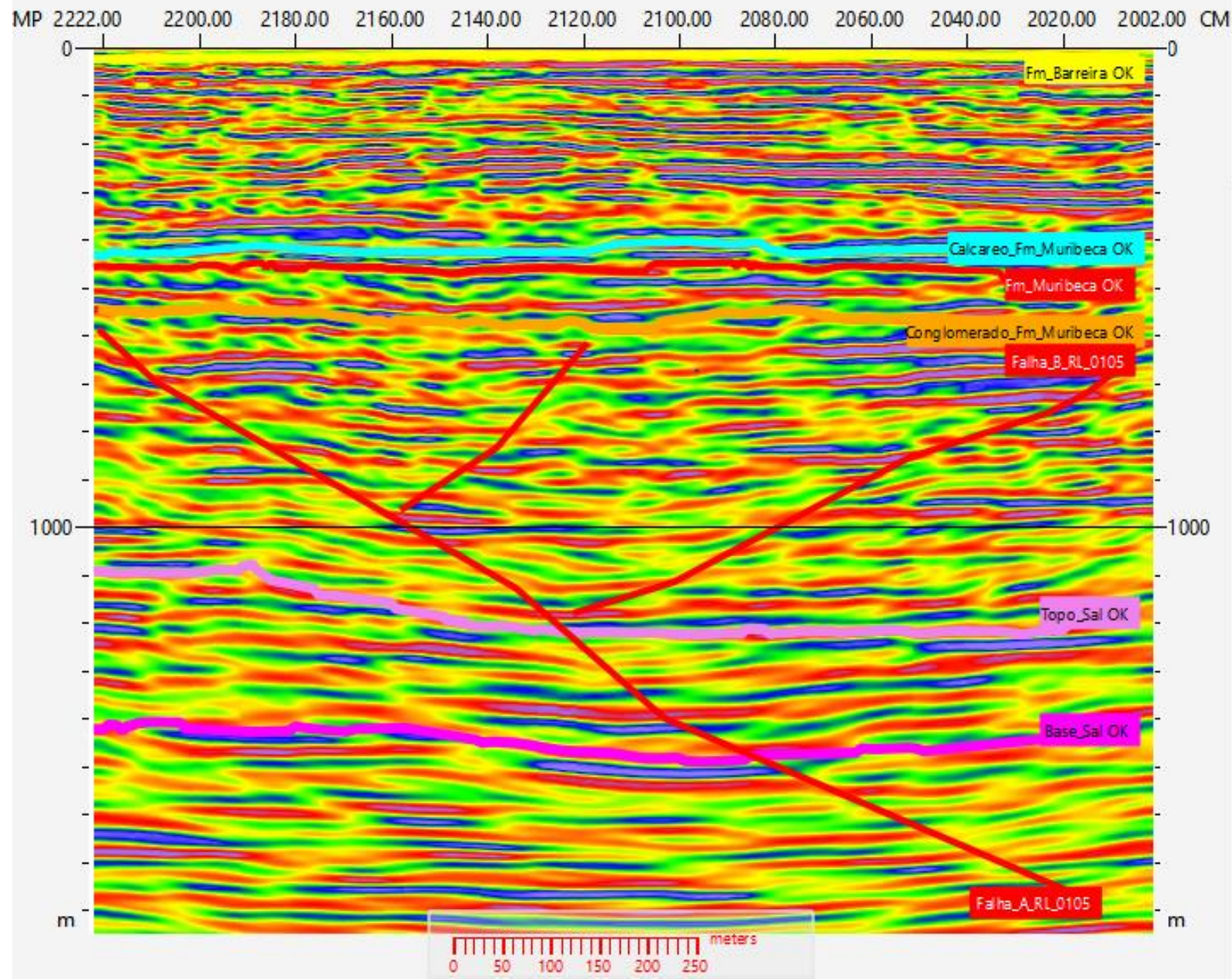
ES-0384-RL-0105-INVERSÃO PARA IMPEDÂNCIA ACÚSTICA -COM INTERPRETAÇÃO



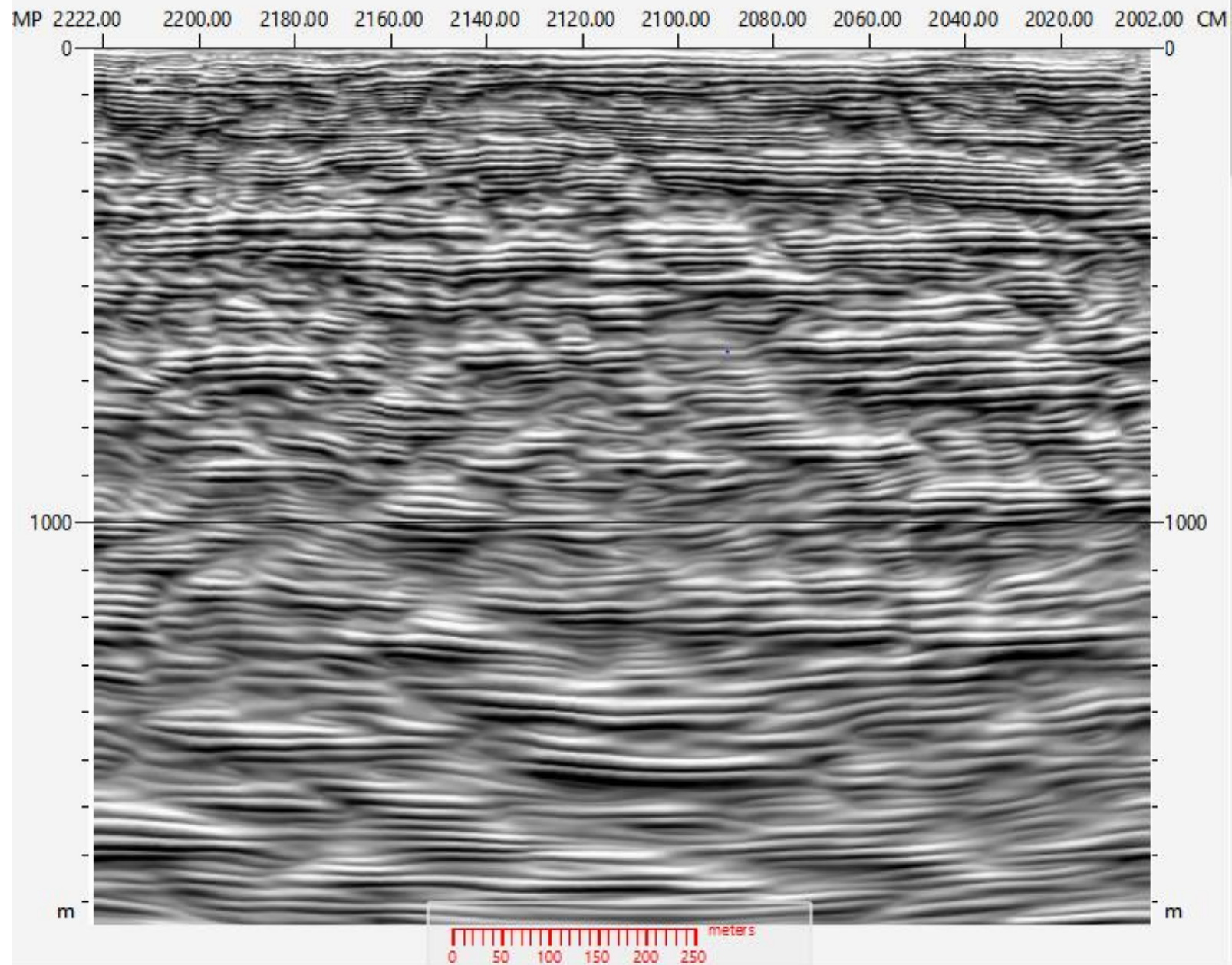
ES-0384-RL-0105- INVERSÃO PARA IMP. ACÚSTICA
PALETA DE CORES PHASE2- SEM INTERPRETAÇÃO



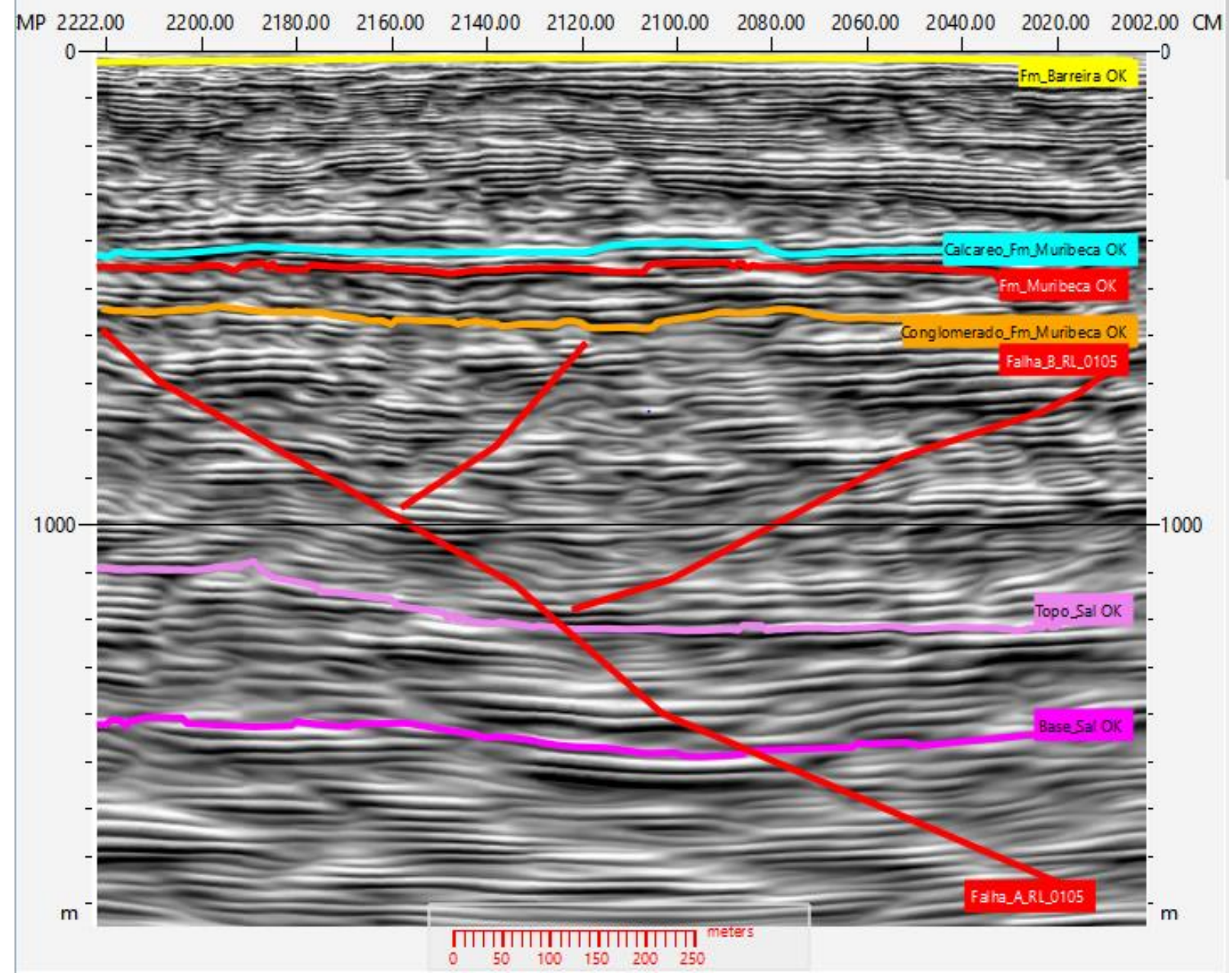
ES-0384-RL-0105- INVERSÃO PARA IMP. ACÚSTICA
PALETA DE CORES PHASE2- COM INTERPRETAÇÃO



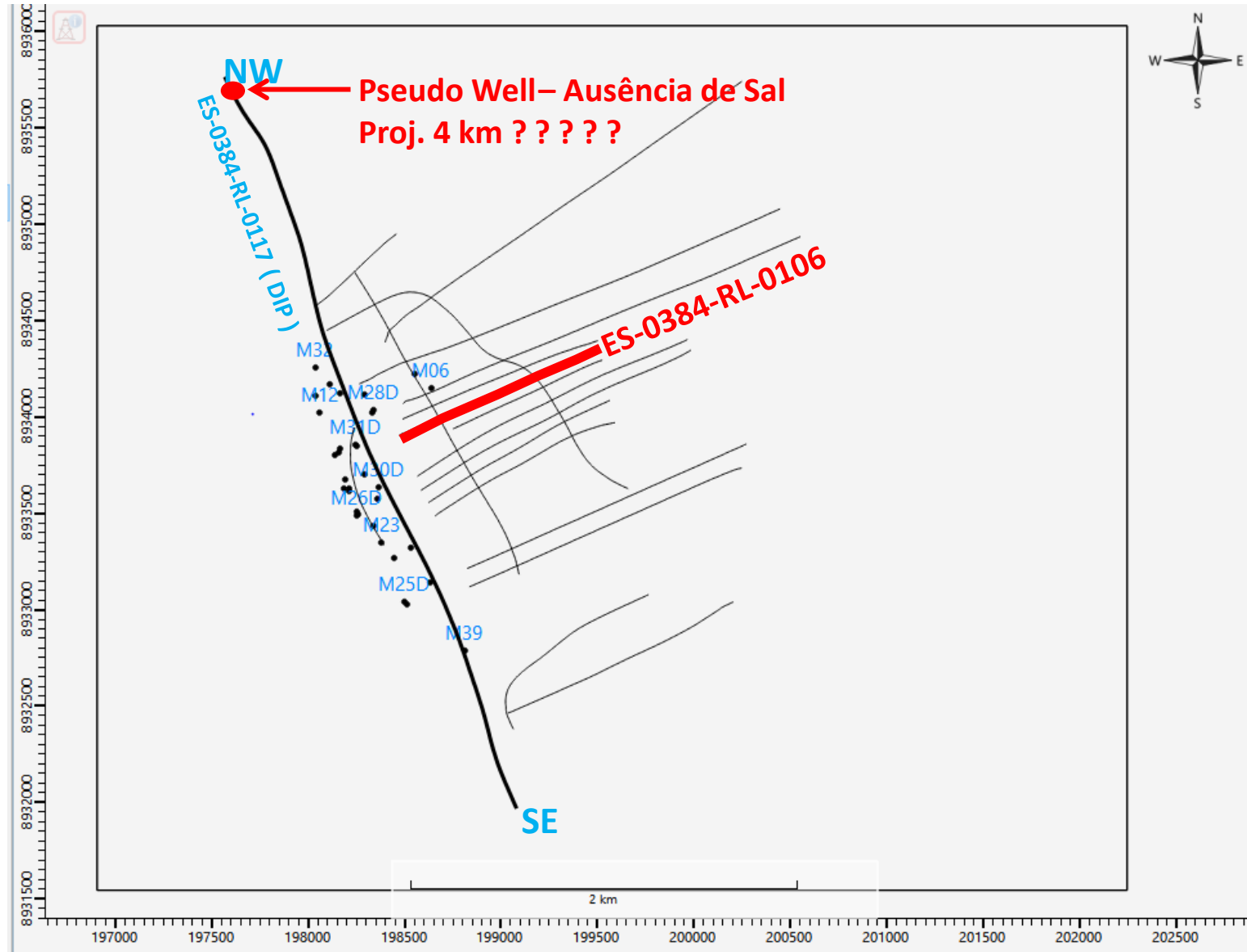
ES-0384-RL-0105-INVERSÃO PARA IMPEDÂNCIA
ACÚSTICA - VOL- AMP -SEM INTERPRETAÇÃO



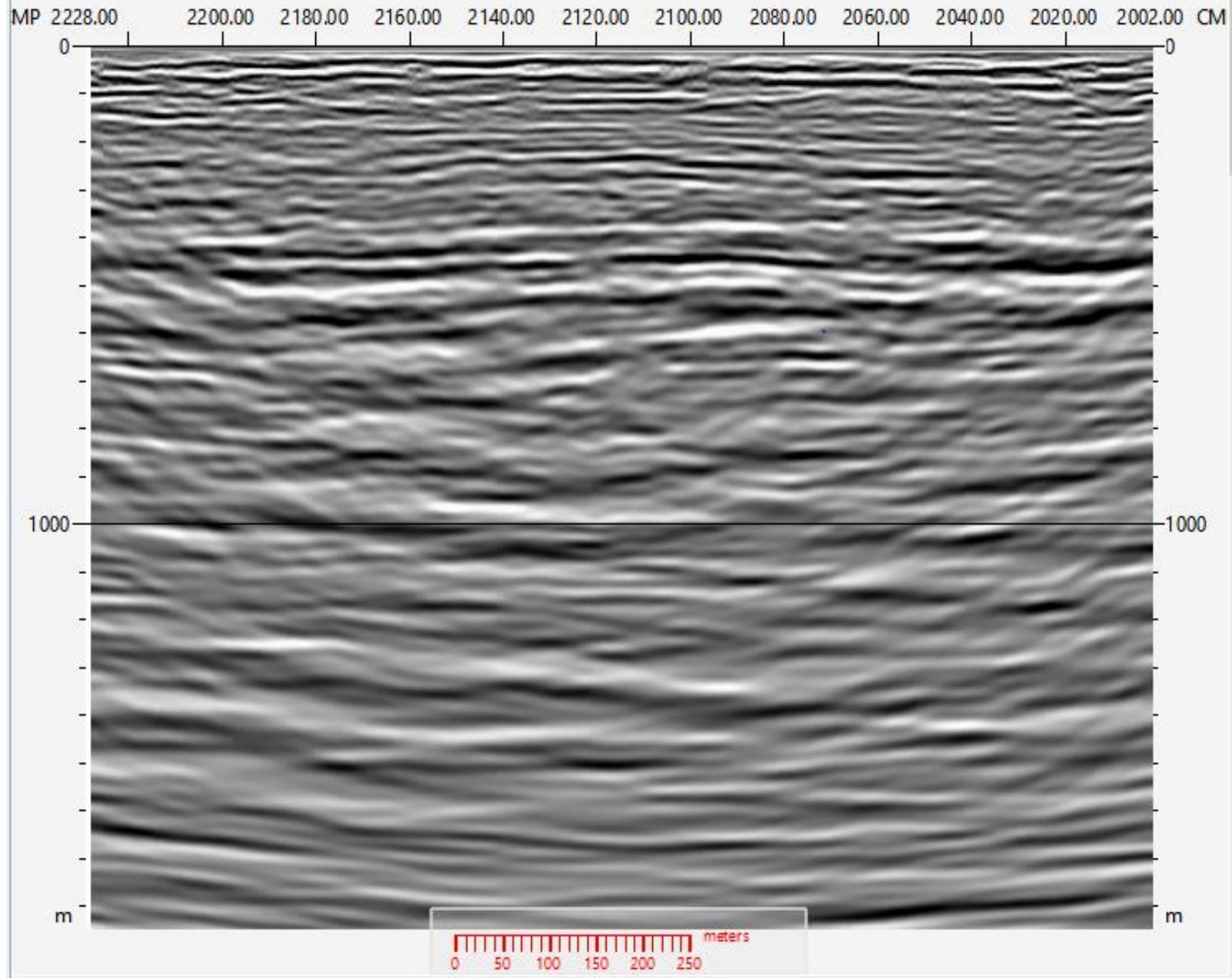
ES-0384-RL-0105-INVERSÃO PARA IMPEDÂNCIA
ACÚSTICA - VOL- AMP -COM INTERPRETAÇÃO



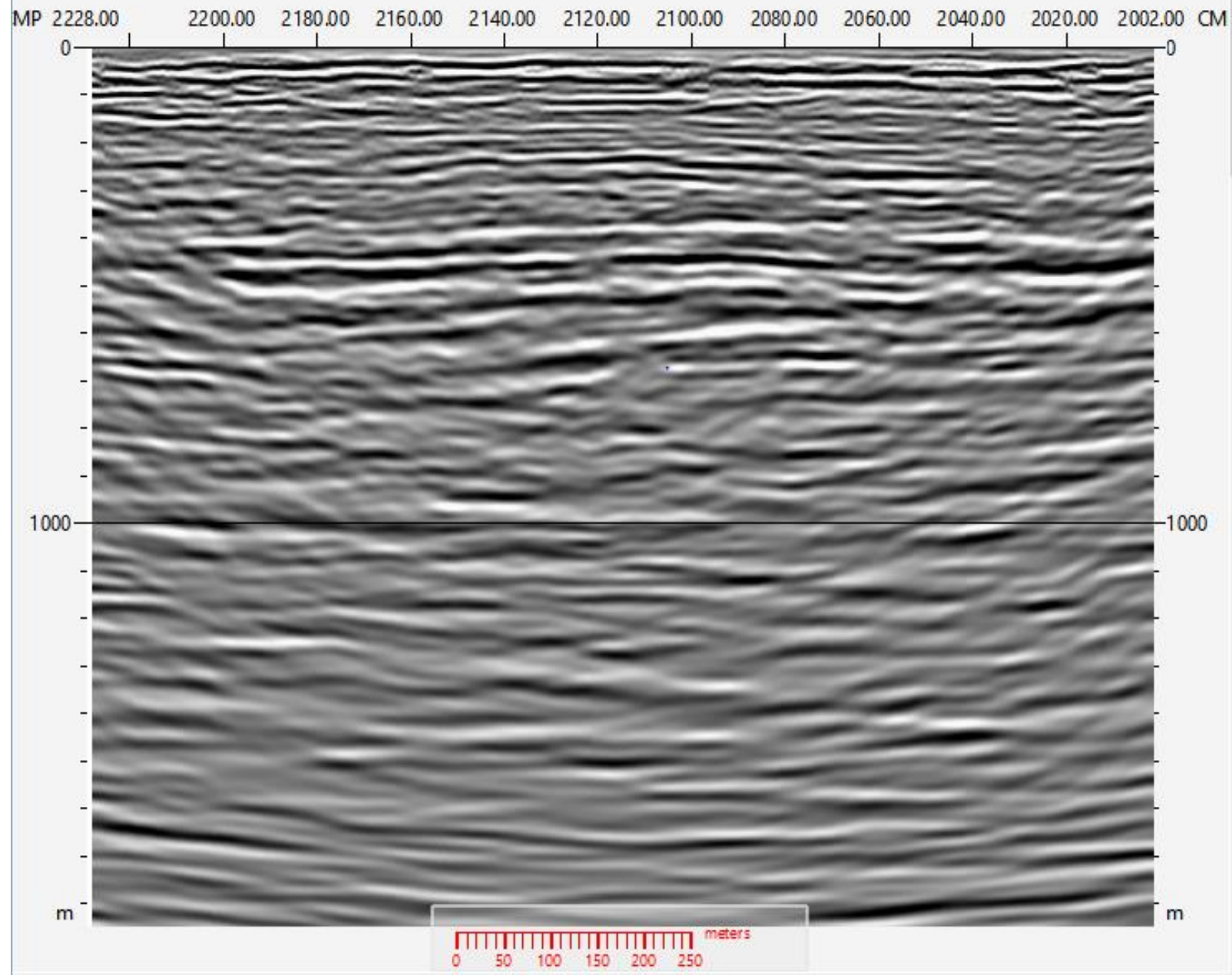
ES-0384-RL-0106



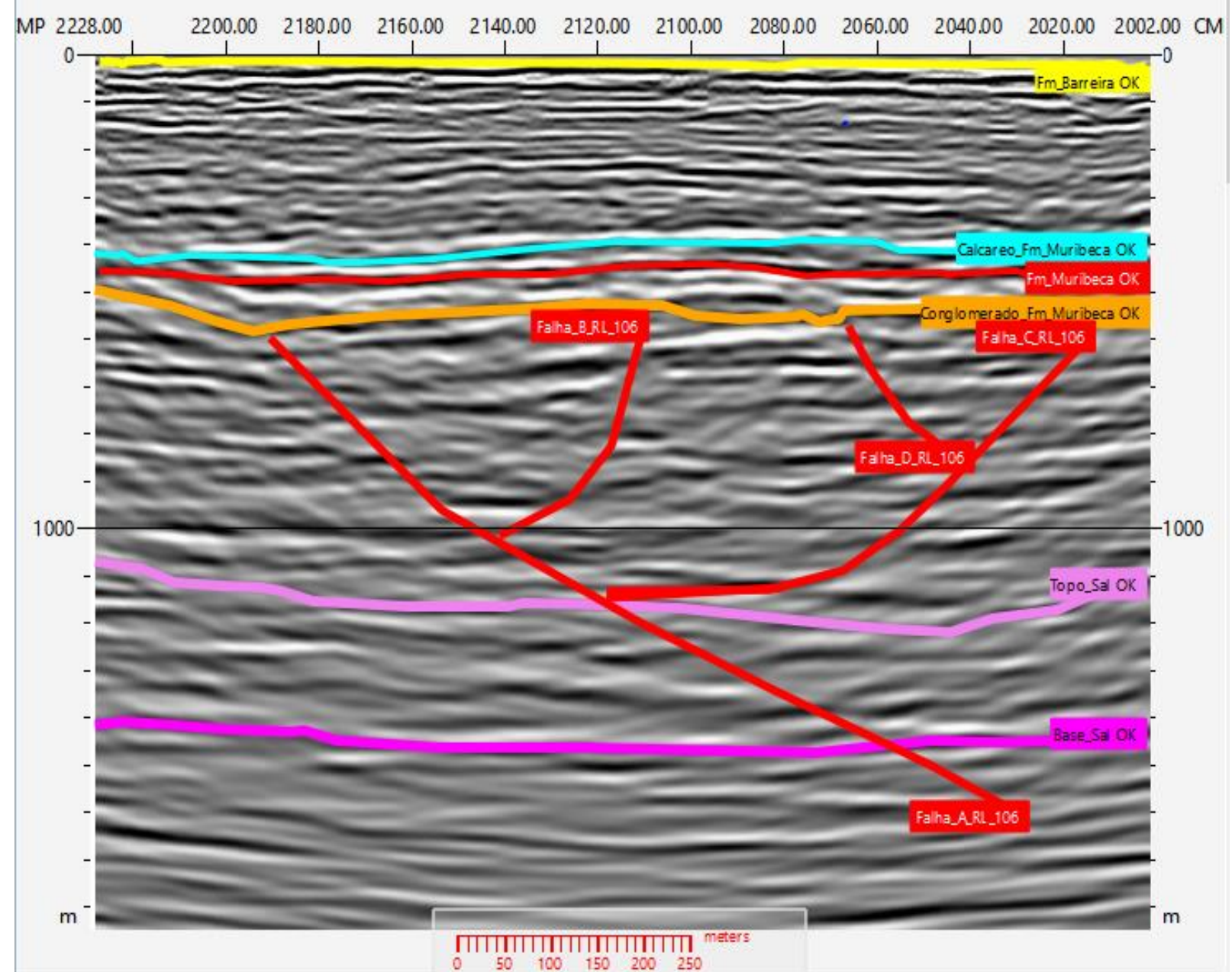
ES-0384-RL-0106-DADO RECEBIDO DO PROCESSAMENTO - SEM INTERPRETAÇÃO

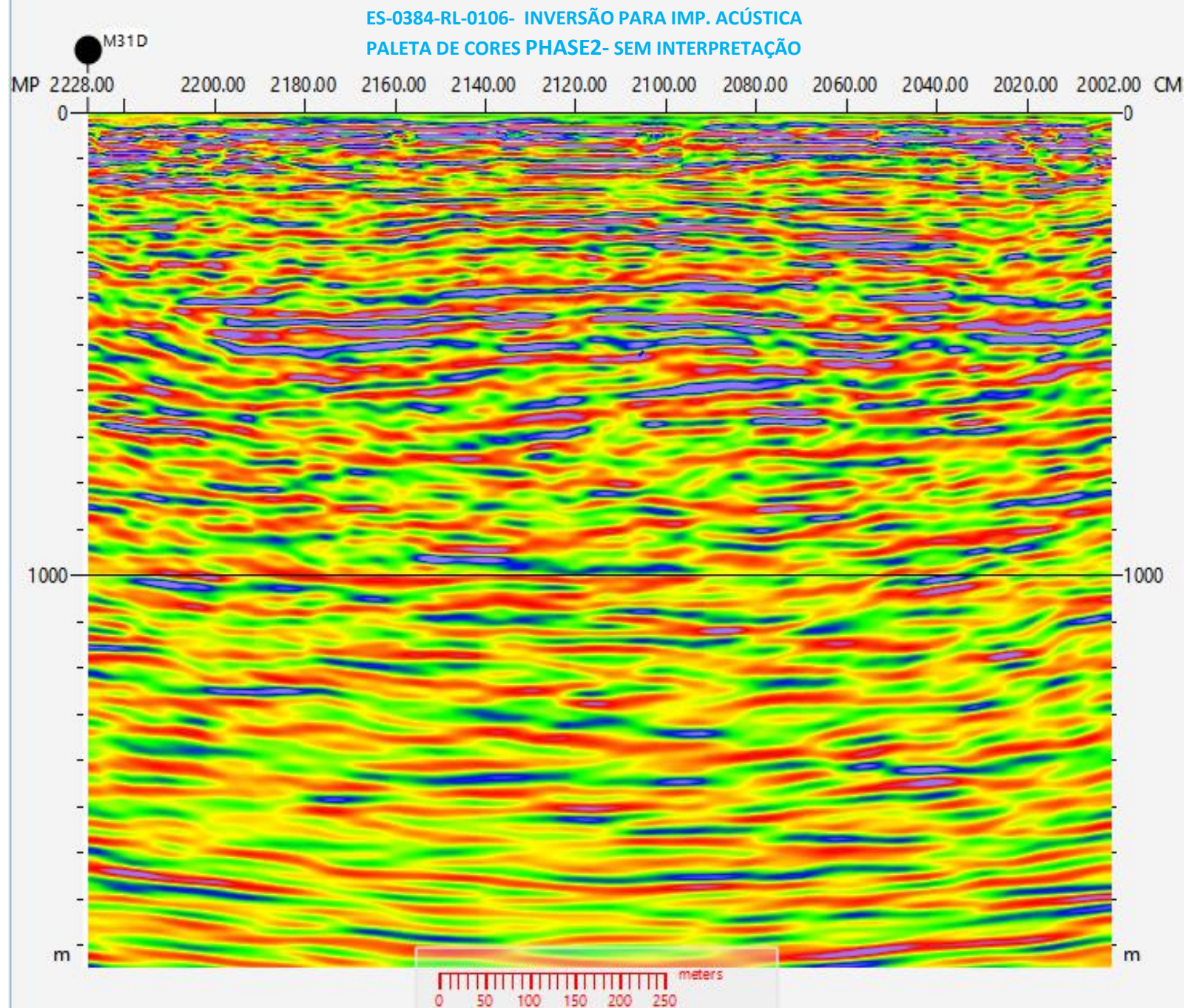


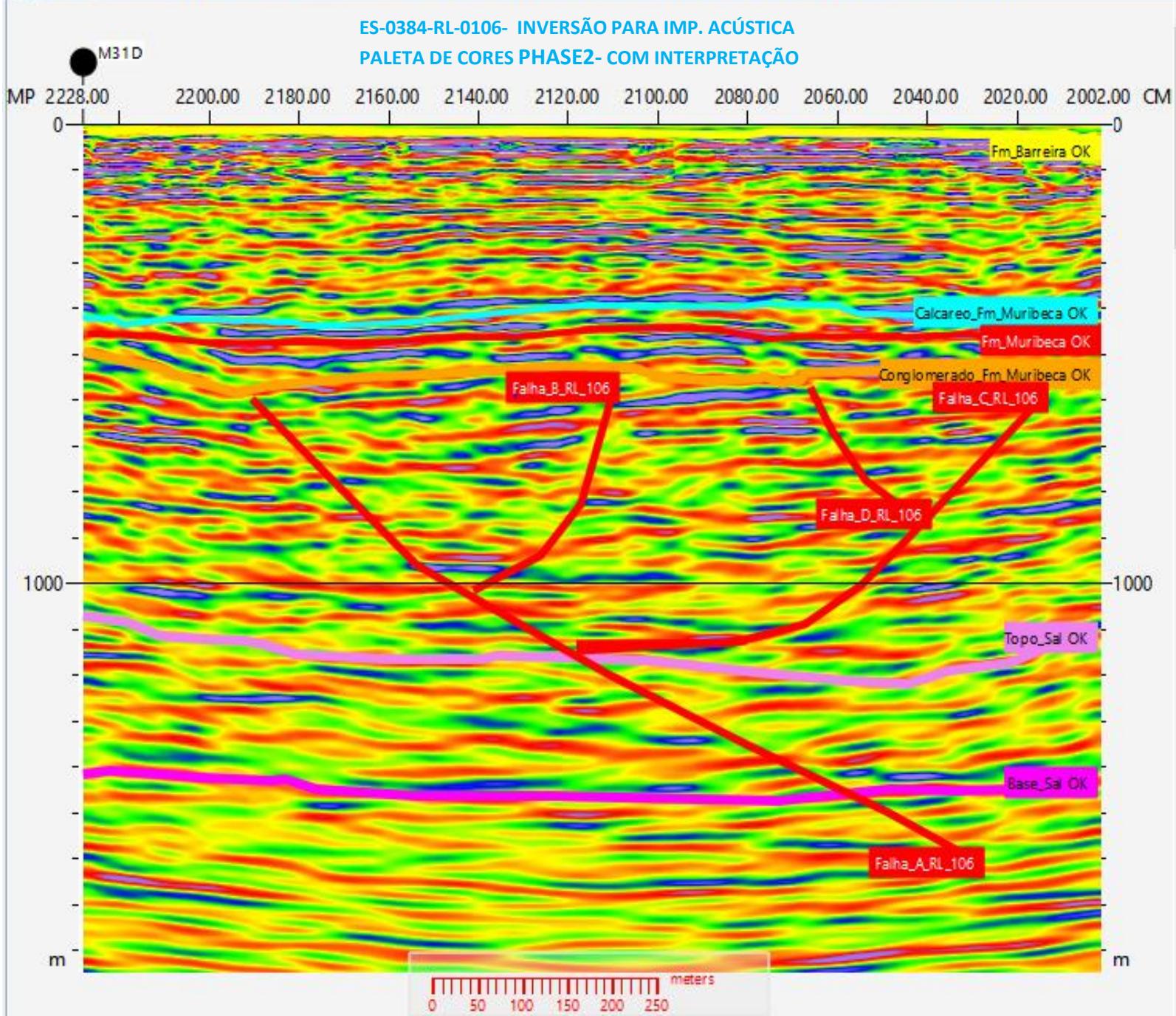
ES-0384-RL-0106-INVERSÃO PARA IMPEDÂNCIA ACÚSTICA -SEM INTERPRETAÇÃO



ES-0384-RL-0106-INVERSÃO PARA IMPEDÂNCIA ACÚSTICA -COM INTERPRETAÇÃO

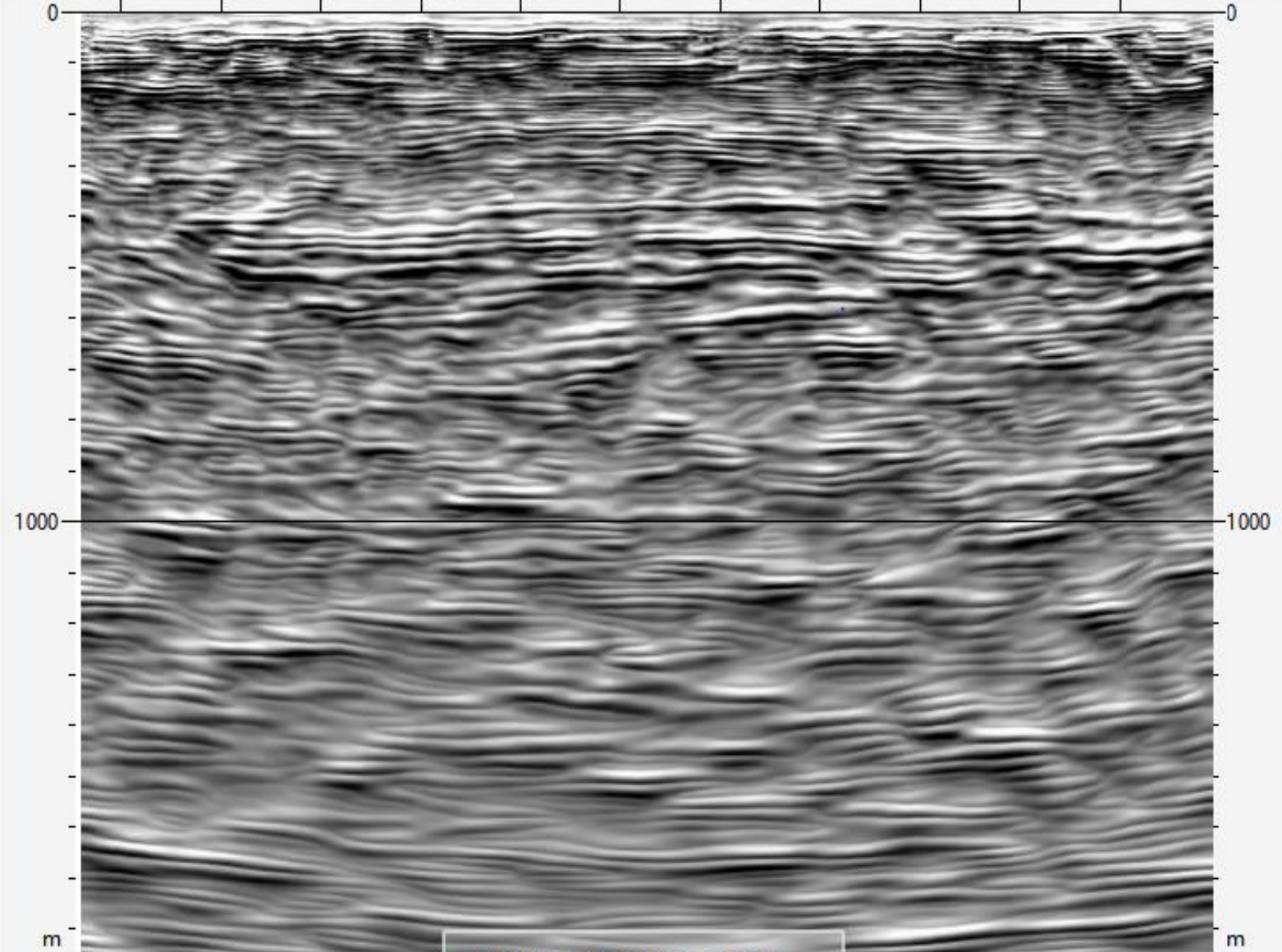




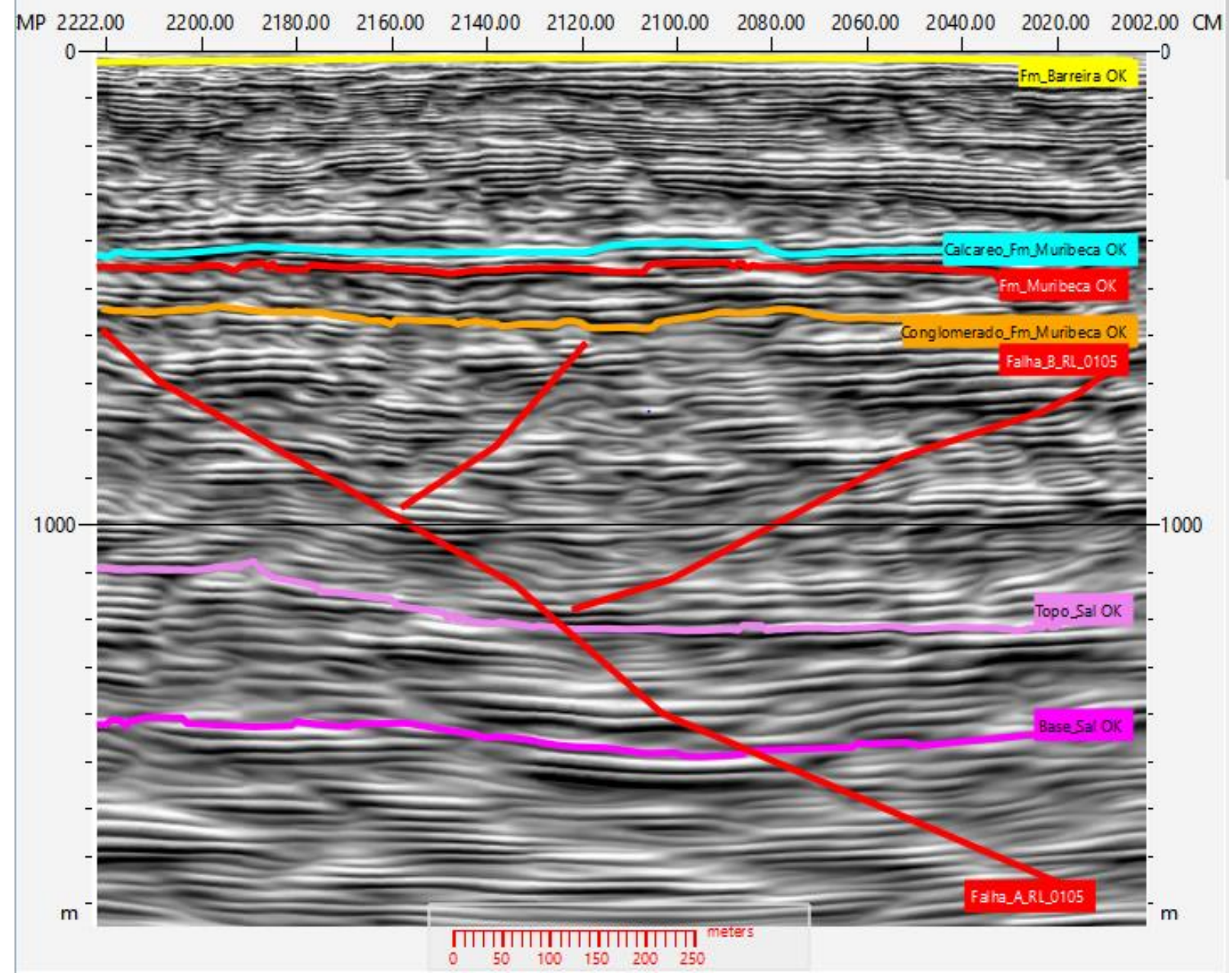


ES-0384-RL-0106-INVERSÃO PARA IMPEDÂNCIA
ACÚSTICA - VOL- AMP -SEM INTERPRETAÇÃO

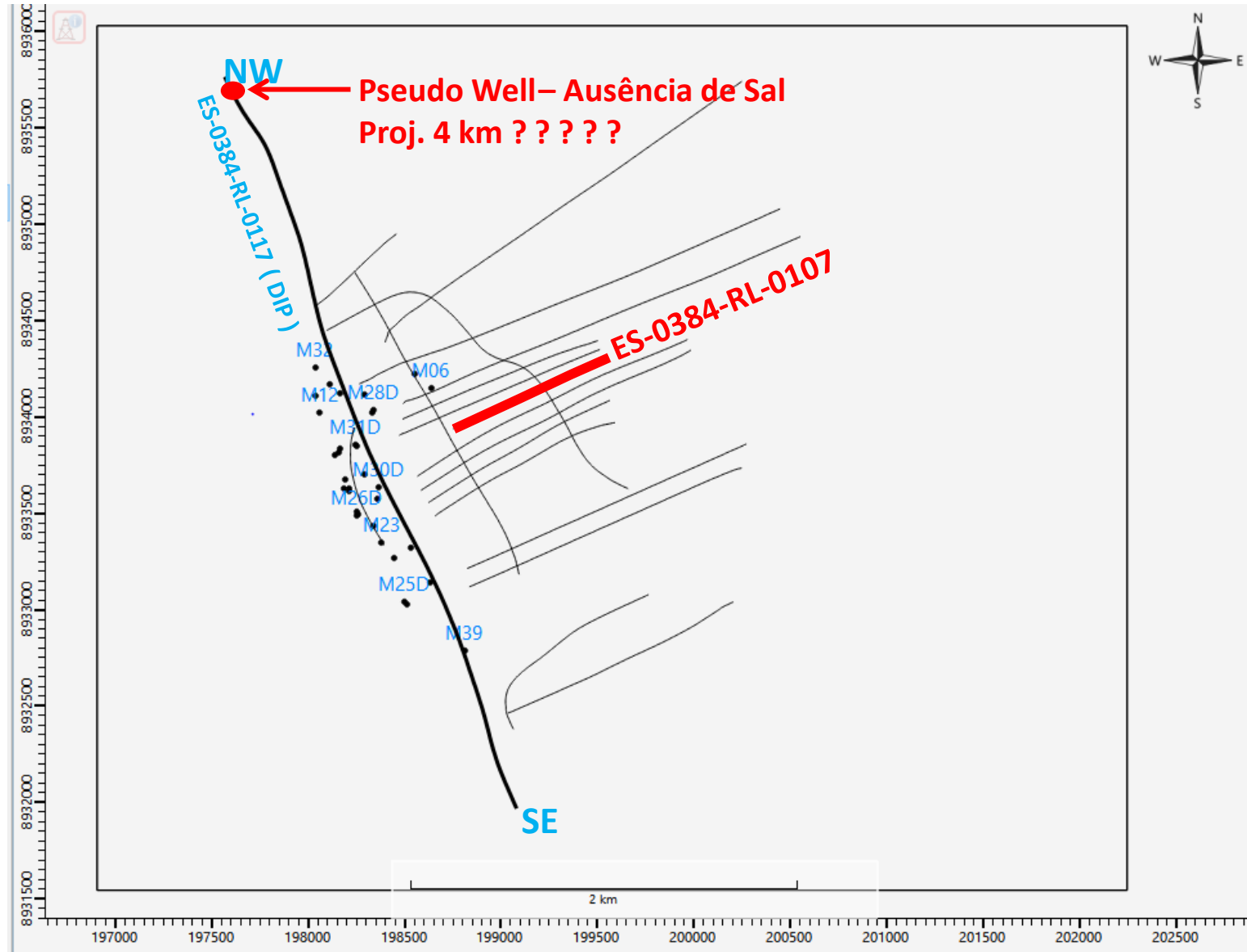
MP 2228.00 2200.00 2180.00 2160.00 2140.00 2120.00 2100.00 2080.00 2060.00 2040.00 2020.00 2002.00 CM

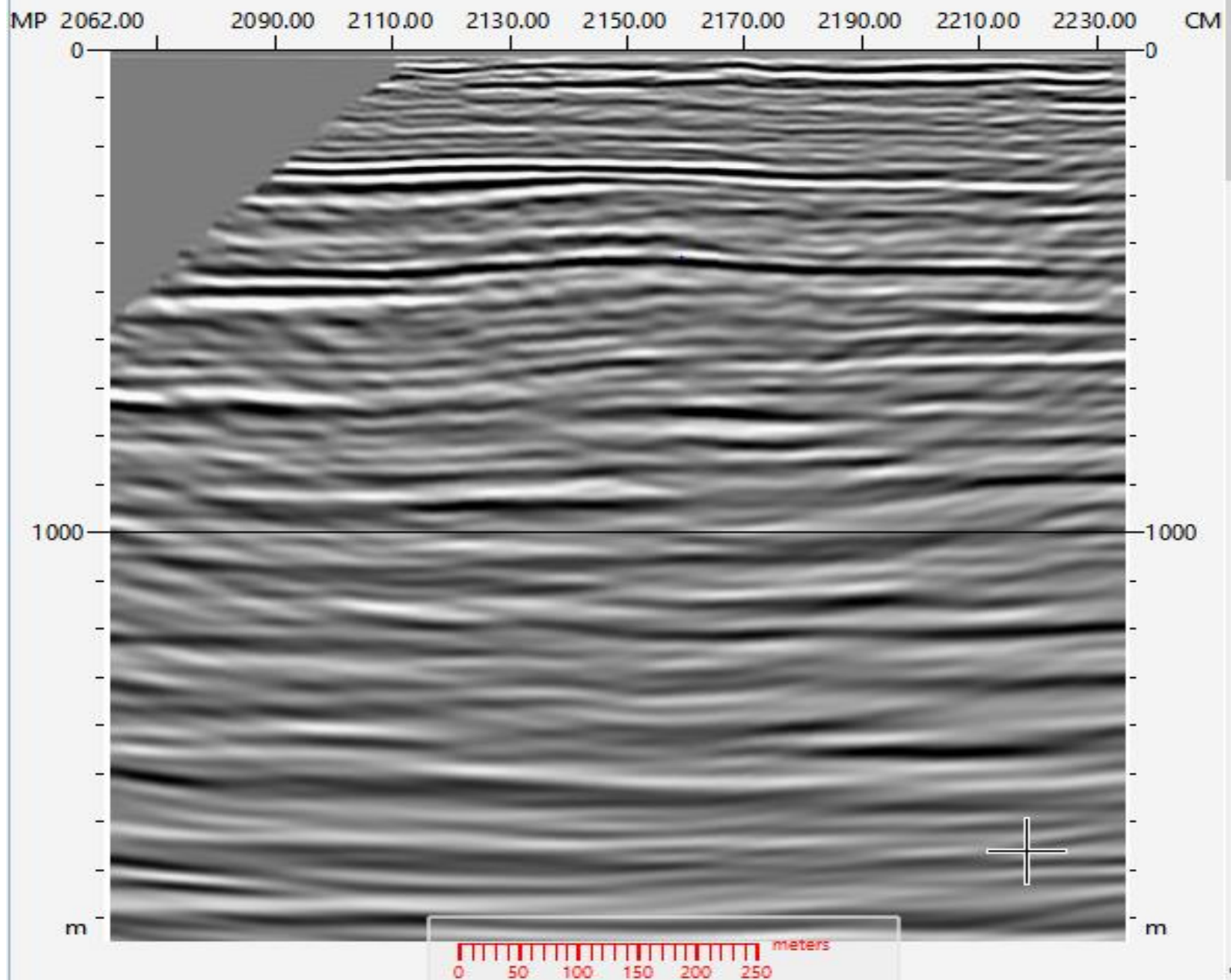


ES-0384-RL-0106-INVERSÃO PARA IMPEDÂNCIA
ACÚSTICA - VOL- AMP -COM INTERPRETAÇÃO

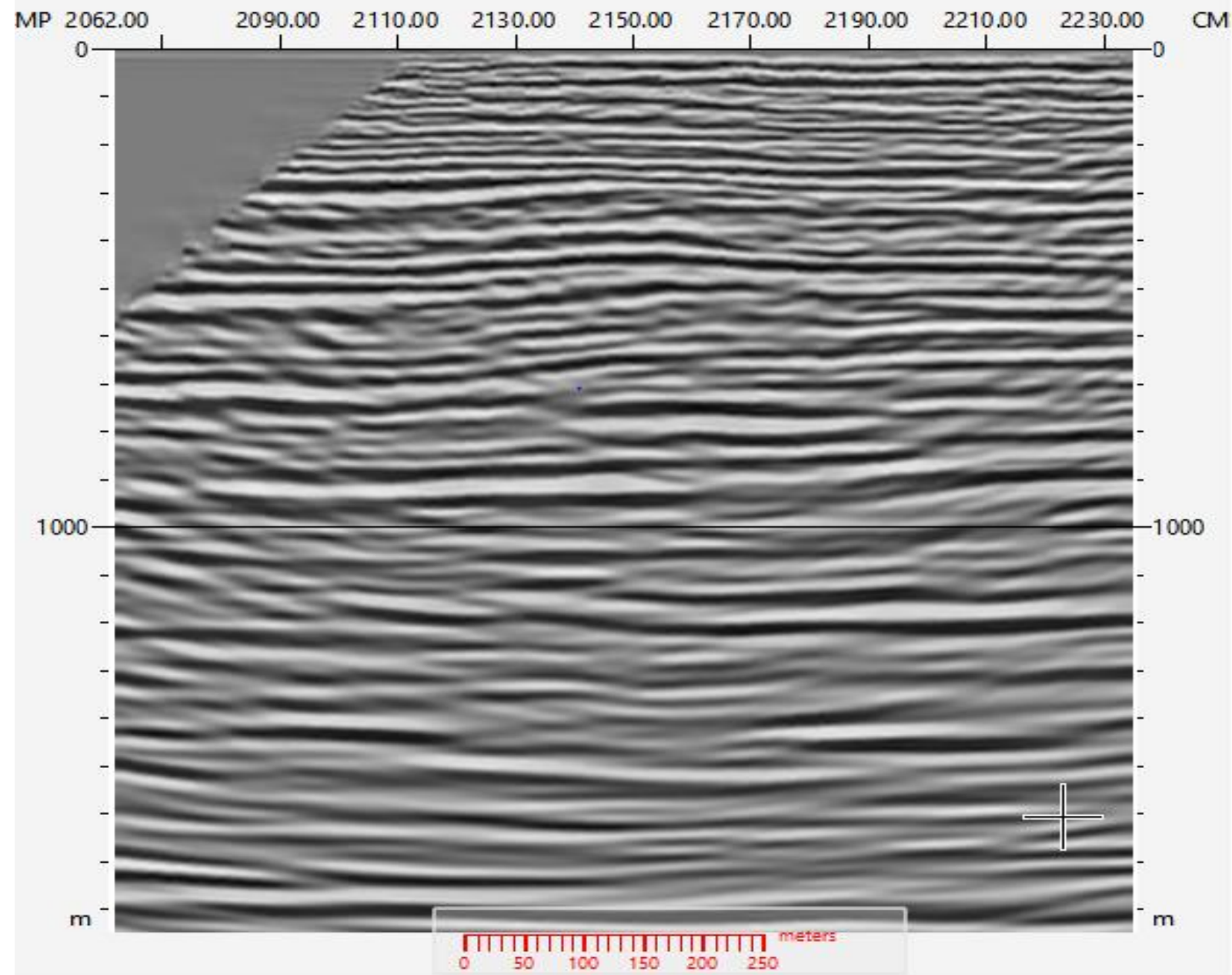


ES-0384-RL-0107

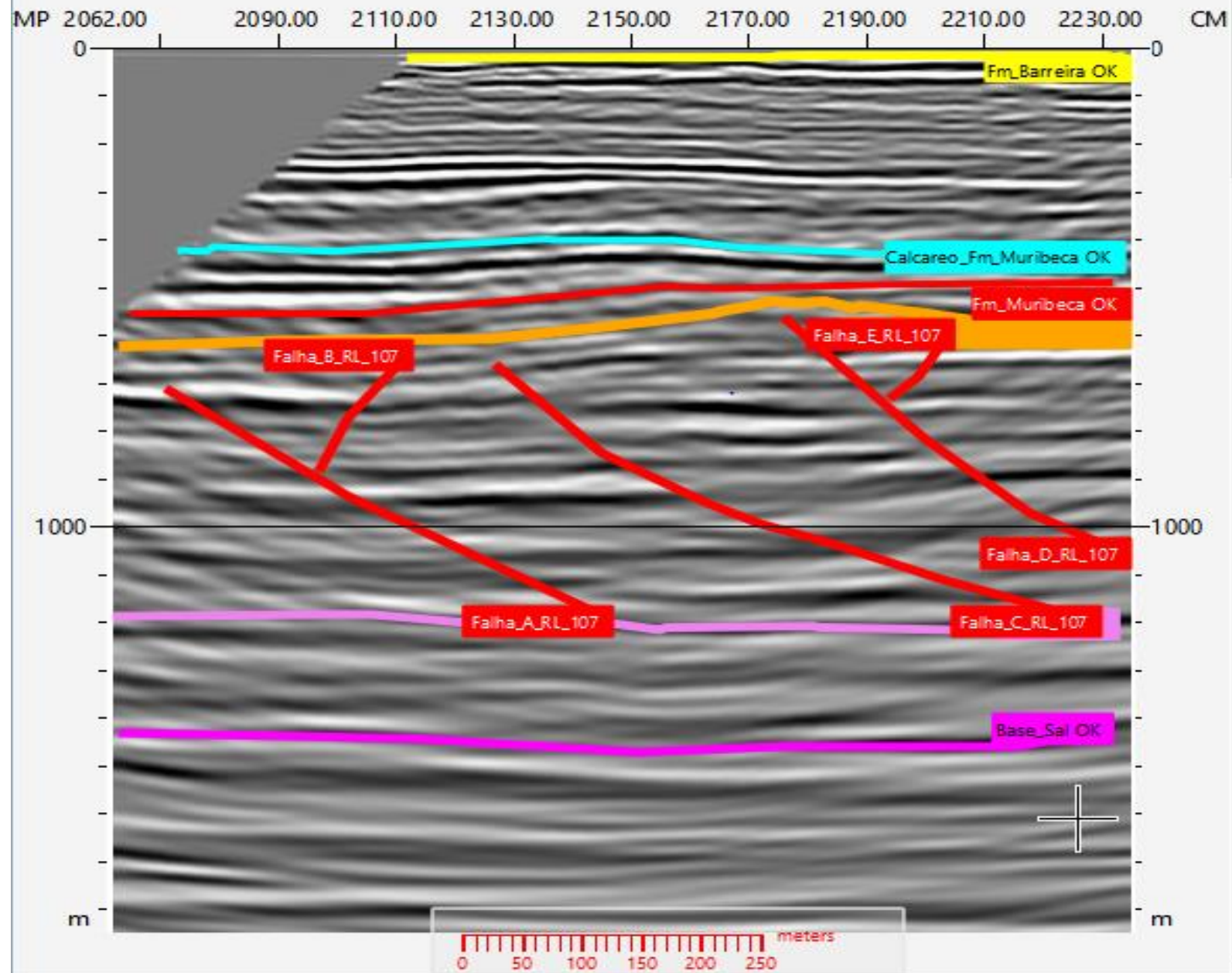




ES-0384-RL-0107-INVERSÃO PARA IMPEDÂNCIA ACÚSTICA -SEM INTERPRETAÇÃO

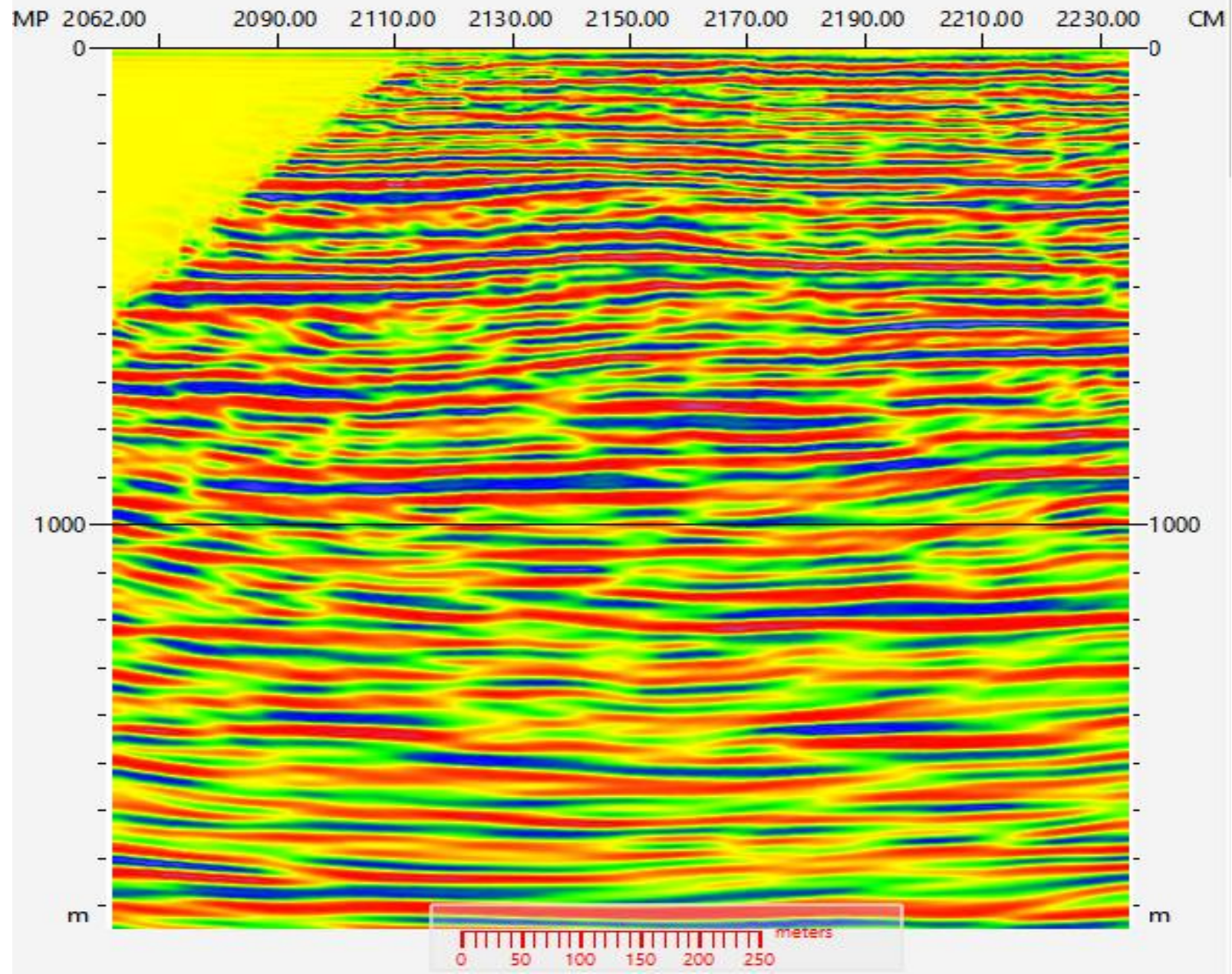


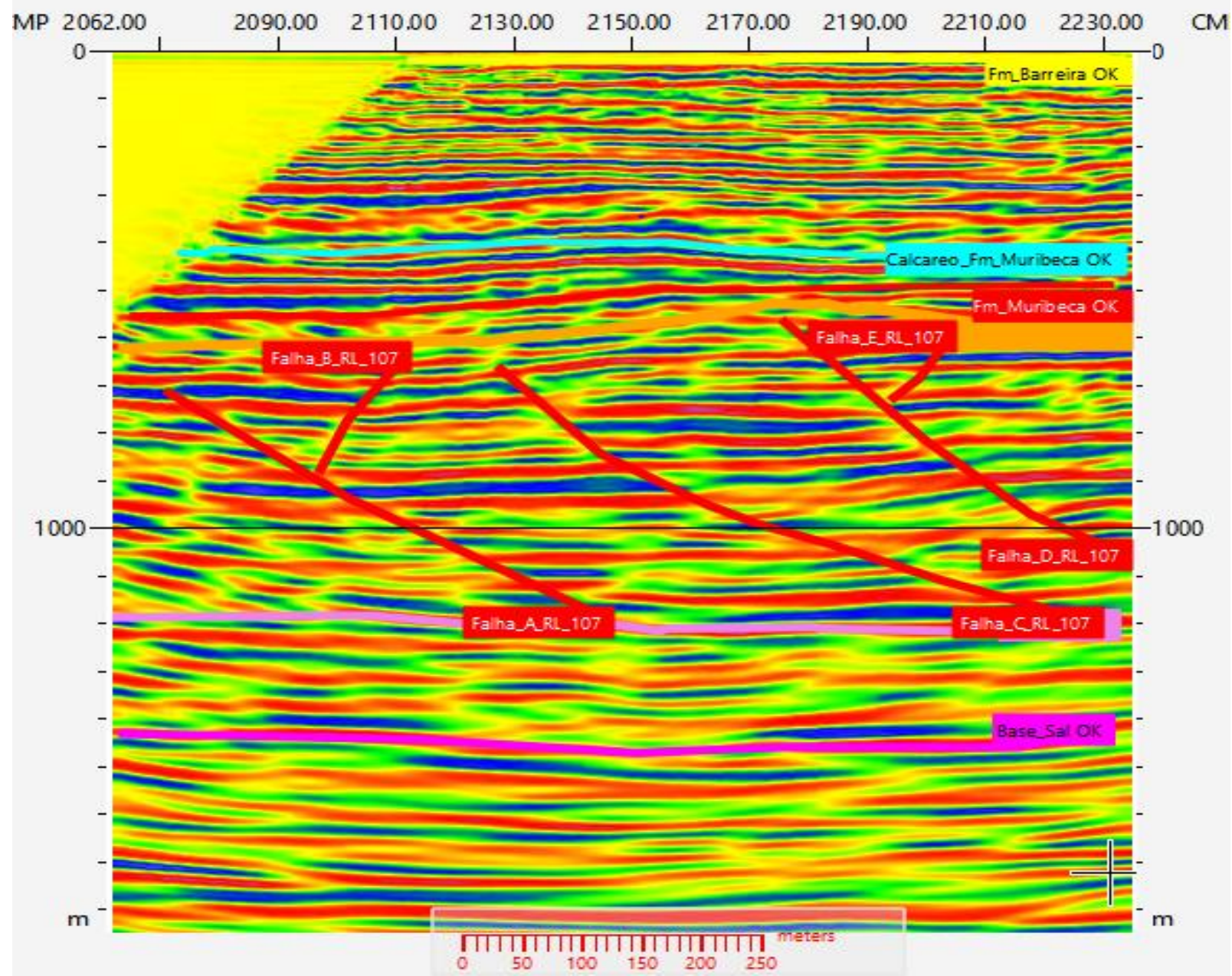
ES-0384-RL-0107-INVERSÃO PARA IMPEDÂNCIA ACÚSTICA -COM INTERPRETAÇÃO



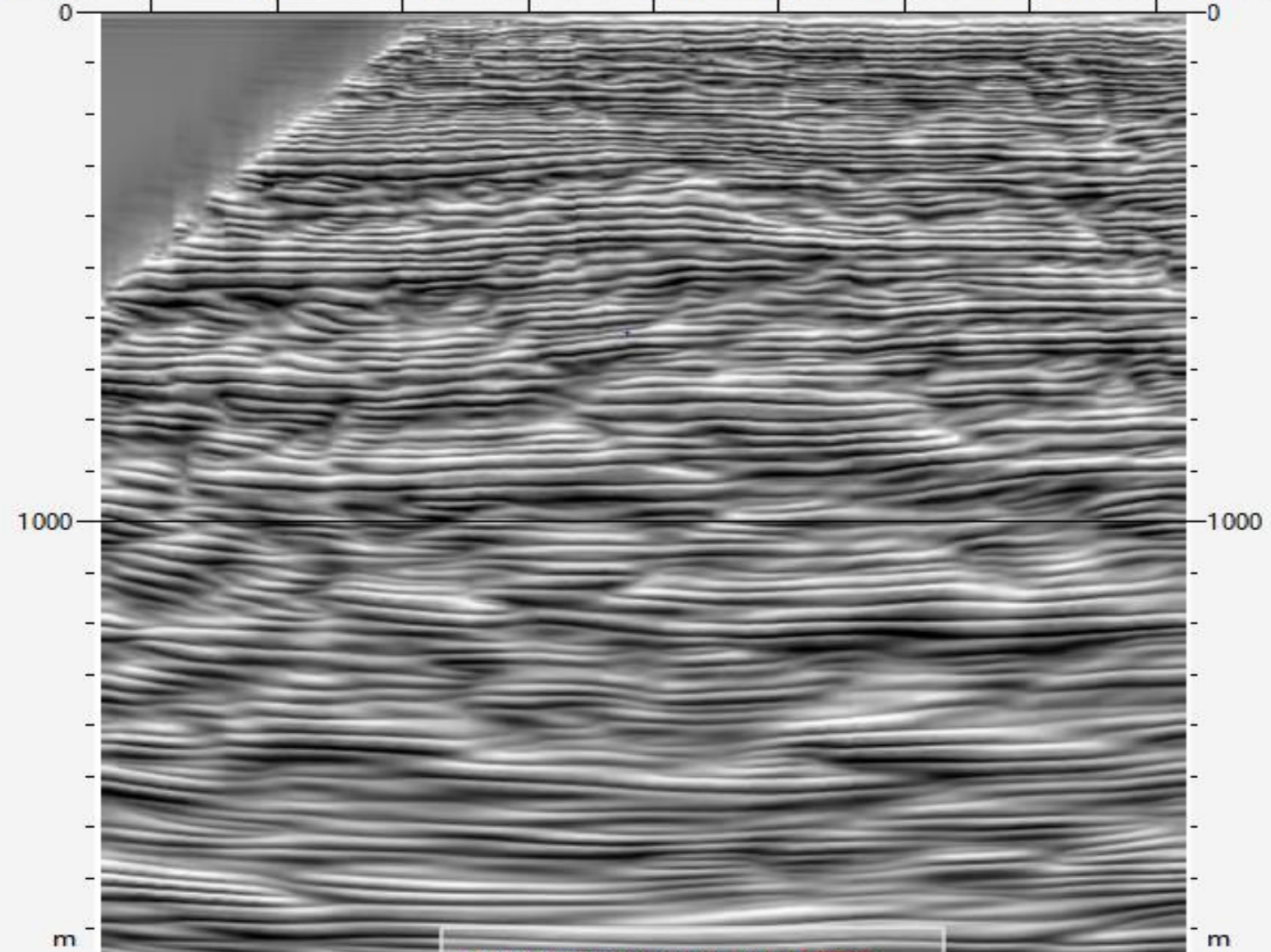
ES-0384-RL-0107- INVERSÃO PARA IMP. ACÚSTICA

PALETA DE CORES PHASE2- SEM INTERPRETAÇÃO

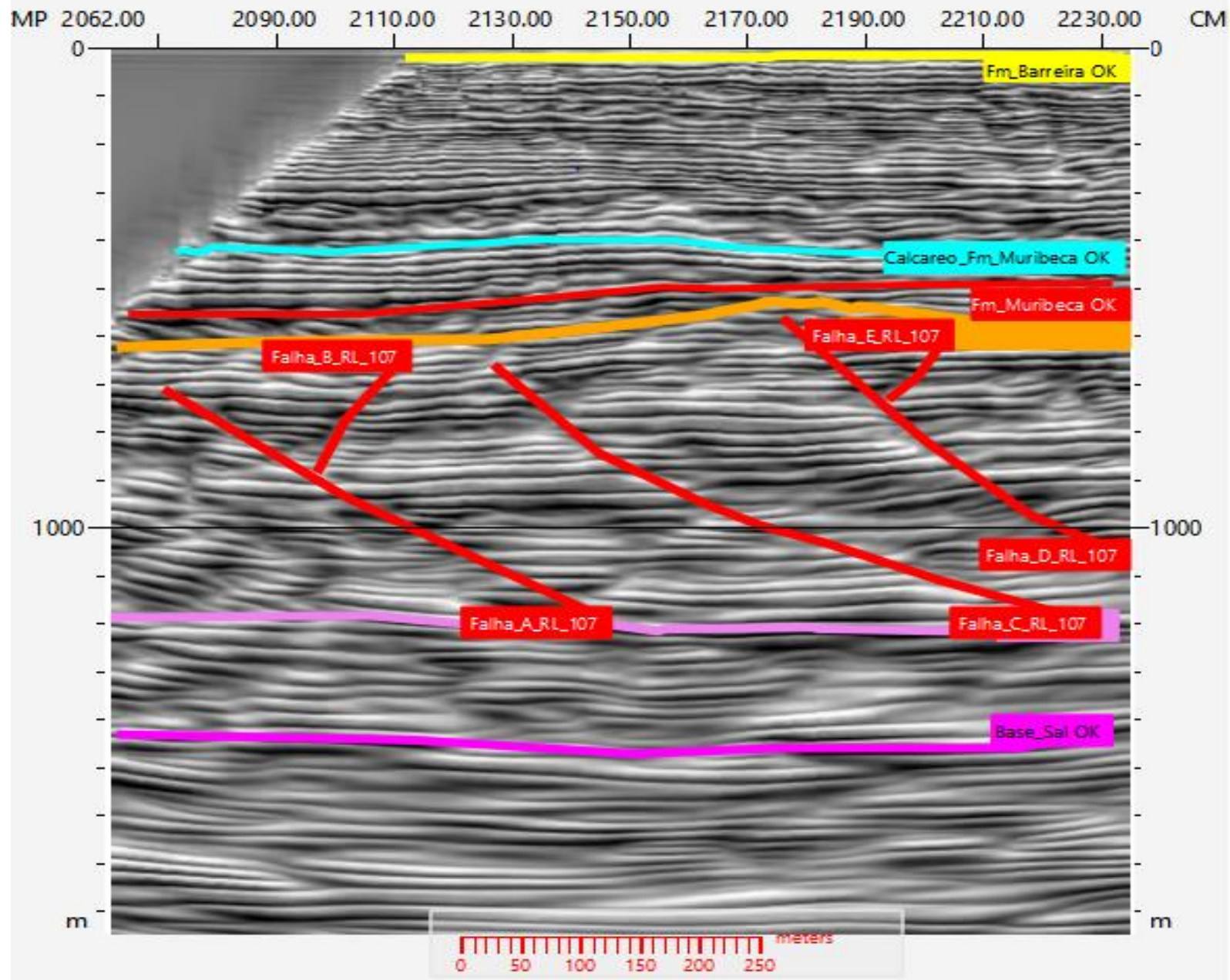




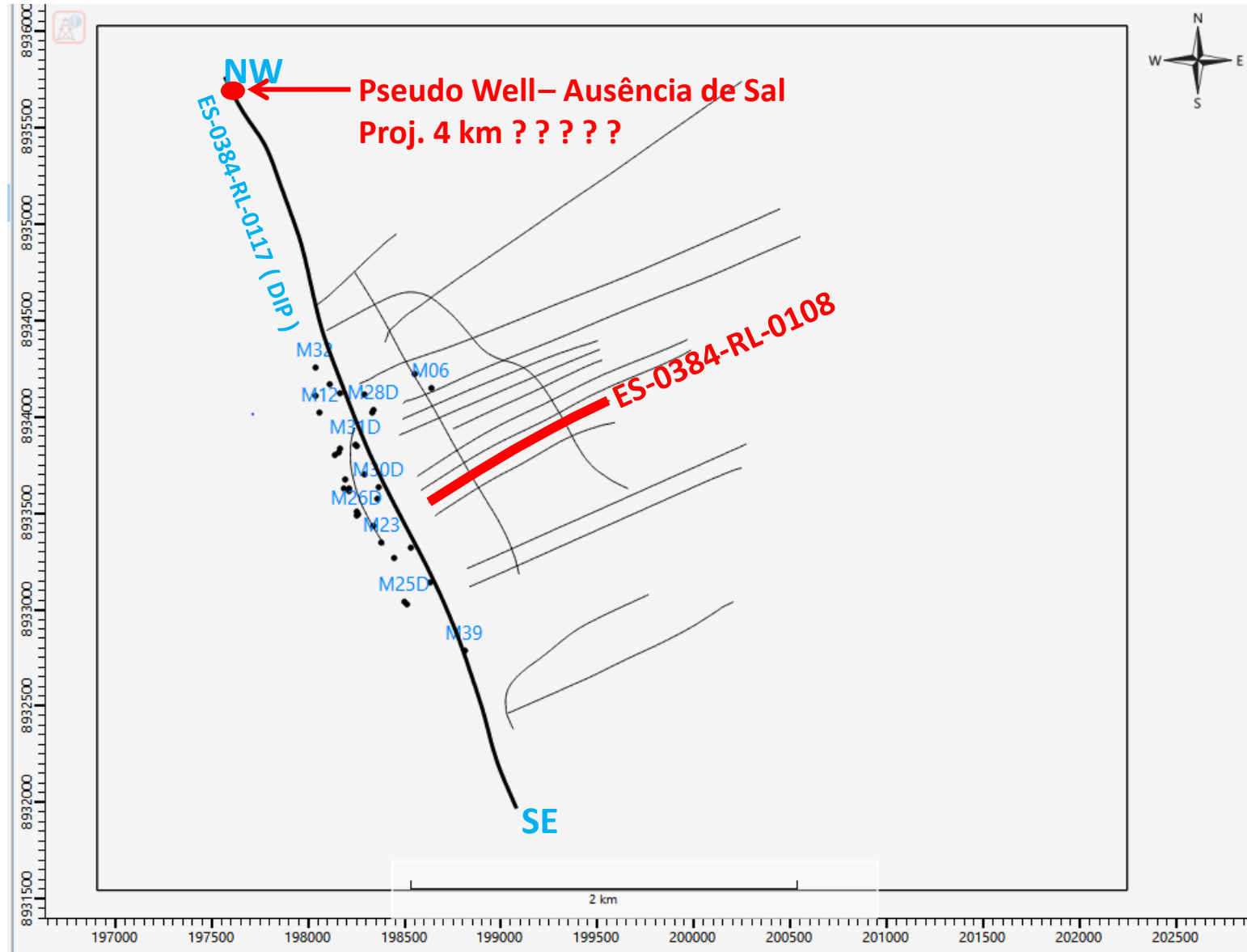
MP 2062.00 2090.00 2110.00 2130.00 2150.00 2170.00 2190.00 2210.00 2230.00 CM



ES-0384-RL-0107-INVERSÃO PARA IMPEDÂNCIA
ACÚSTICA - VOL- AMP -COM INTERPRETAÇÃO

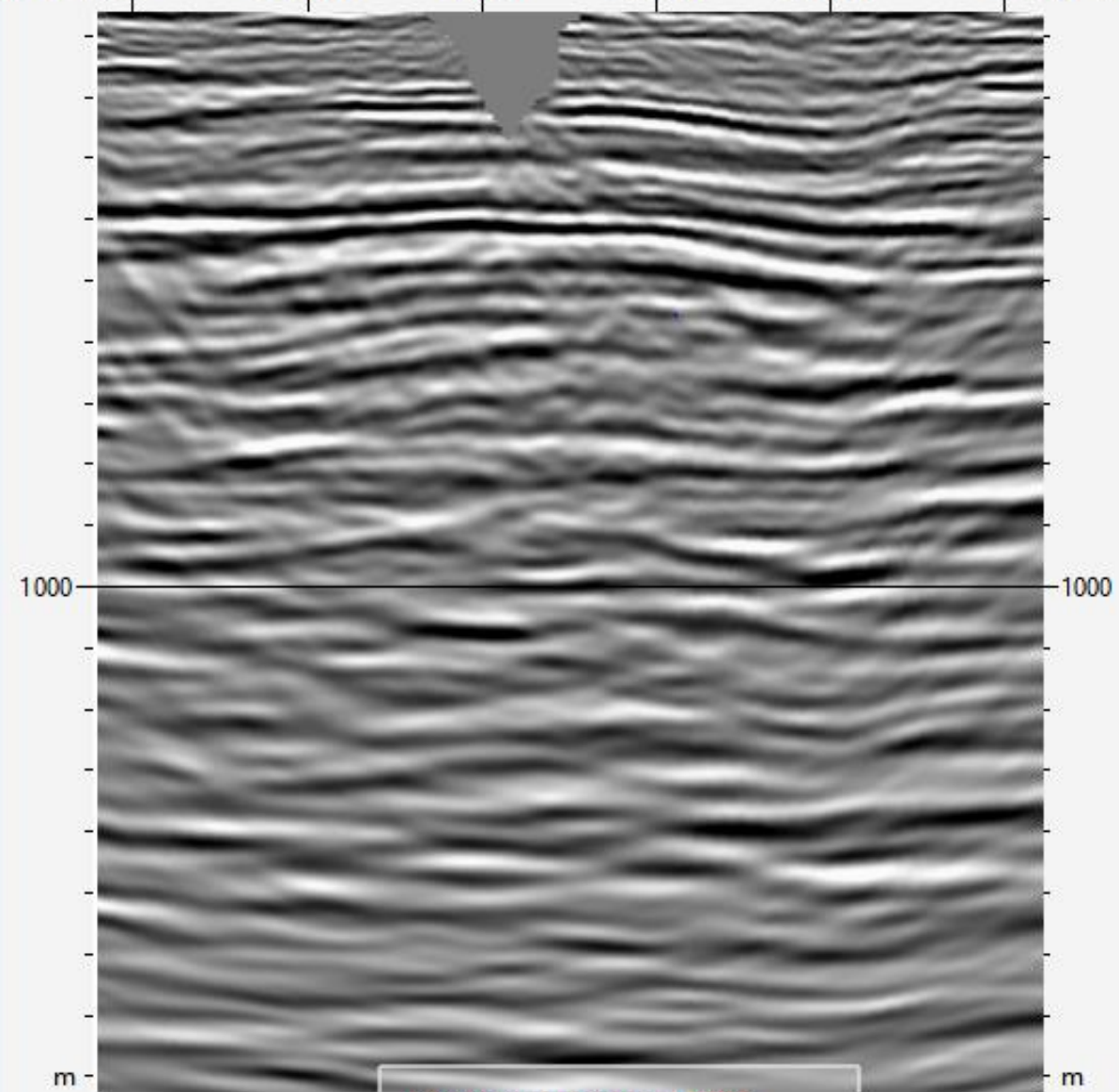


ES-0384-RL-0108



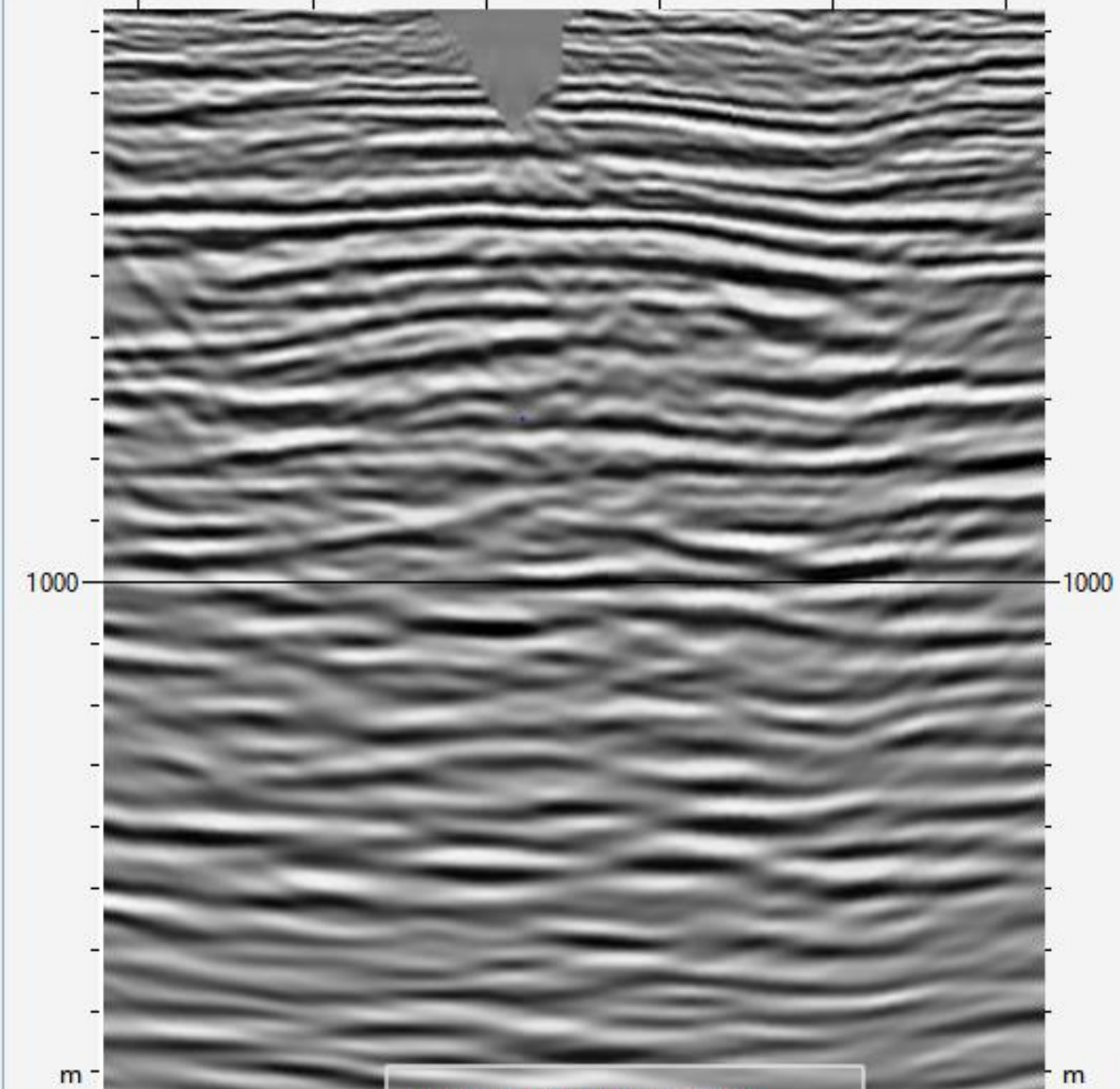
ES-0384-RL-0108-DADO RECEBIDO DO PROCESSAMENTO - SEM INTERPRETAÇÃO

MP 2218.00 2170.00 2130.00 2090.00 2050.00 2002.00 CM



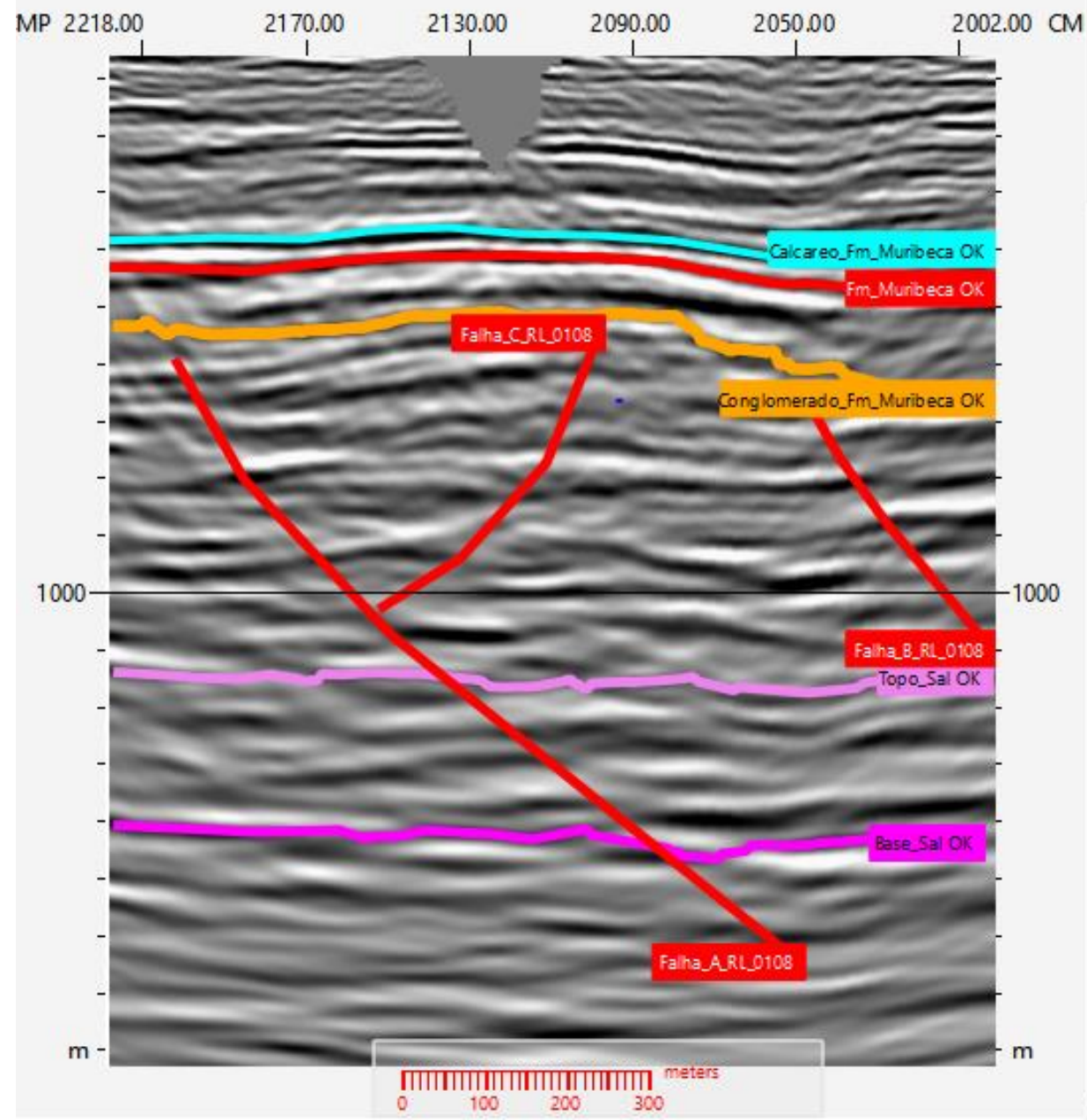
ES-0384-RL-0108-INVERSÃO PARA IMPEDÂNCIA ACÚSTICA -SEM INTERPRETAÇÃO

MP 2218.00 2170.00 2130.00 2090.00 2050.00 2002.00 CM



0 100 200 300 meters

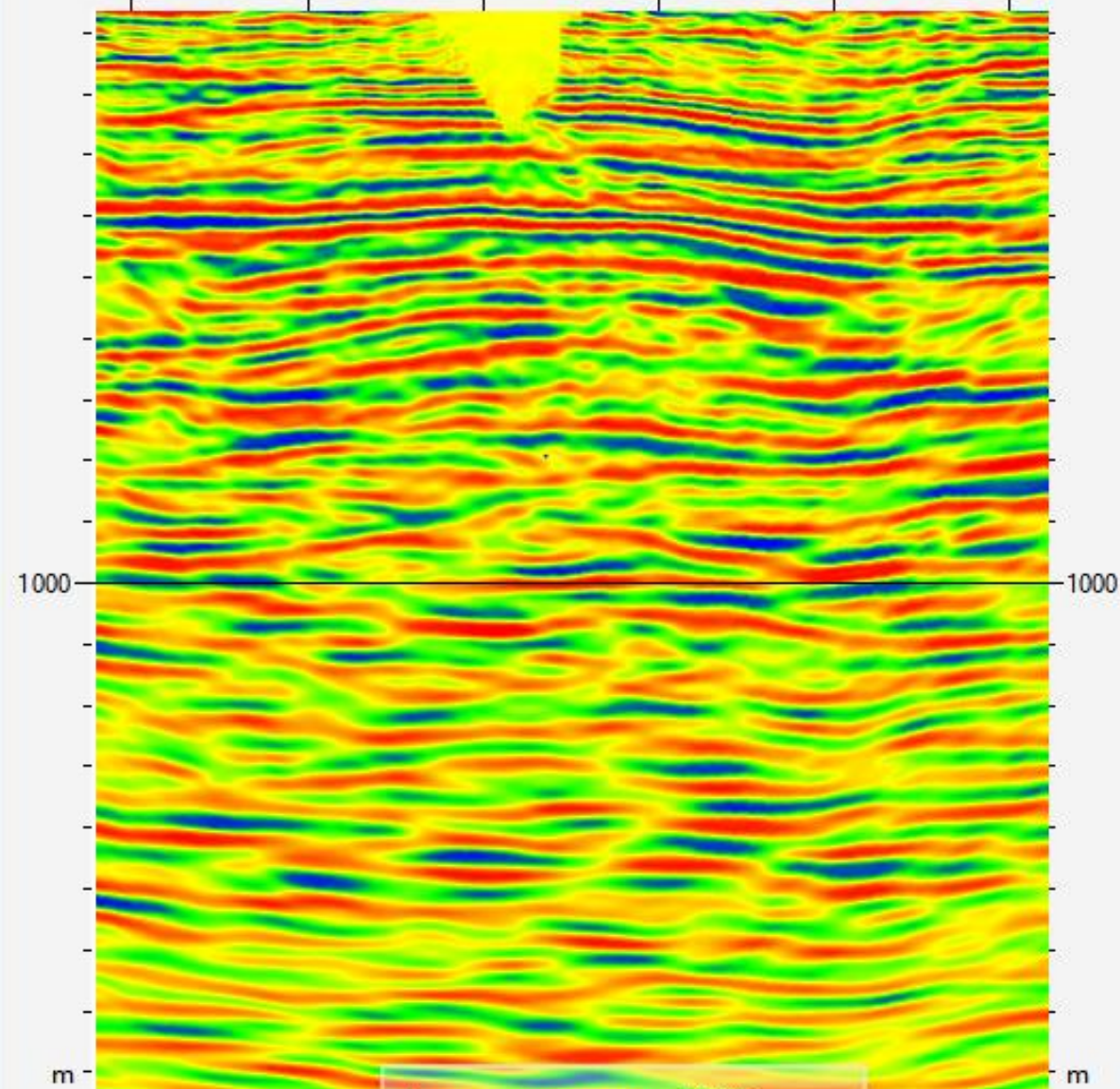
ES-0384-RL-0108-INVERSÃO PARA IMPEDÂNCIA ACÚSTICA -COM INTERPRETAÇÃO



ES-0384-RL-0108- INVERSÃO PARA IMP. ACÚSTICA

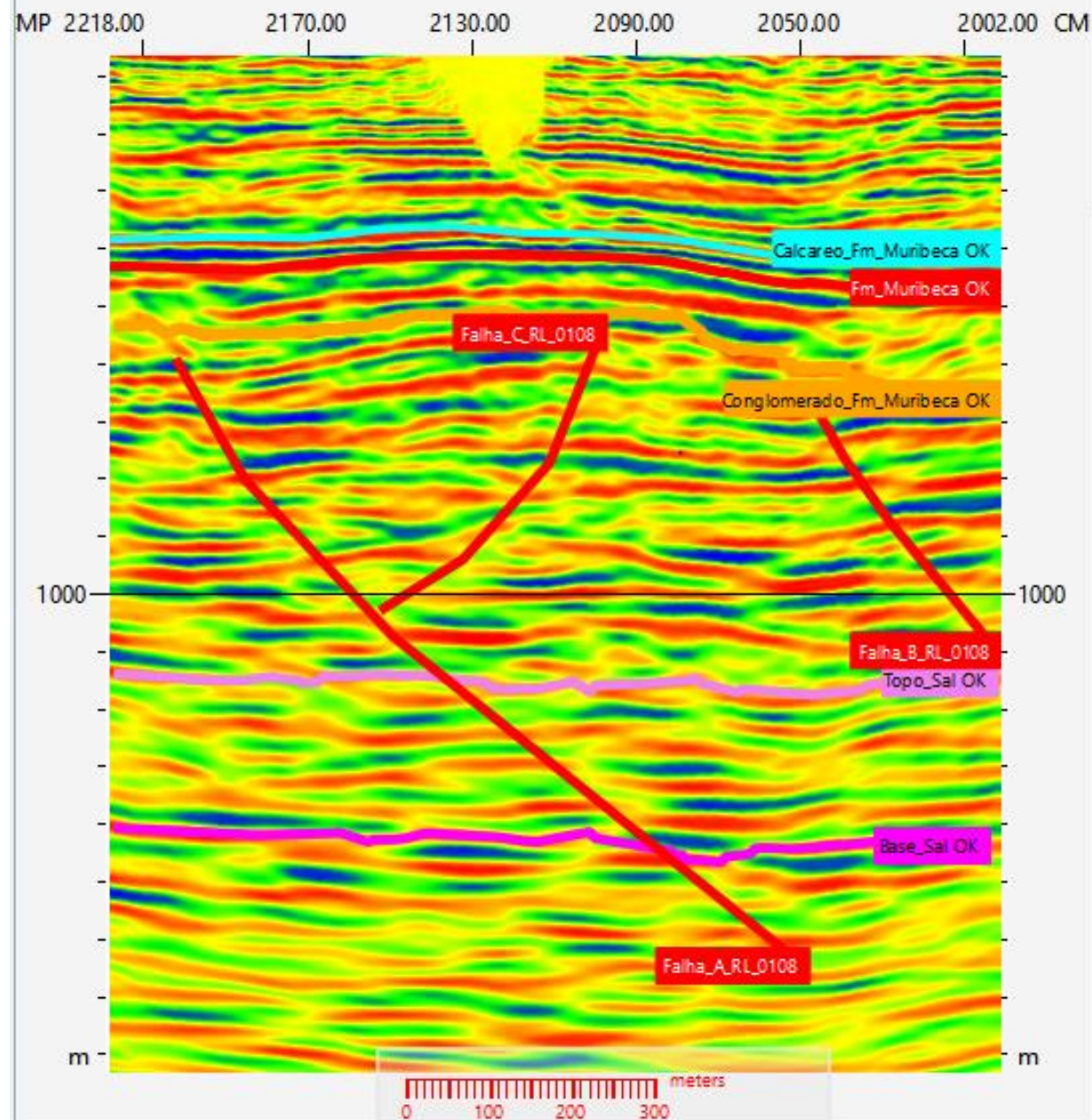
PALETA DE CORES PHASE2- SEM INTERPRETAÇÃO

MP 2218.00 2170.00 2130.00 2090.00 2050.00 2002.00 CM



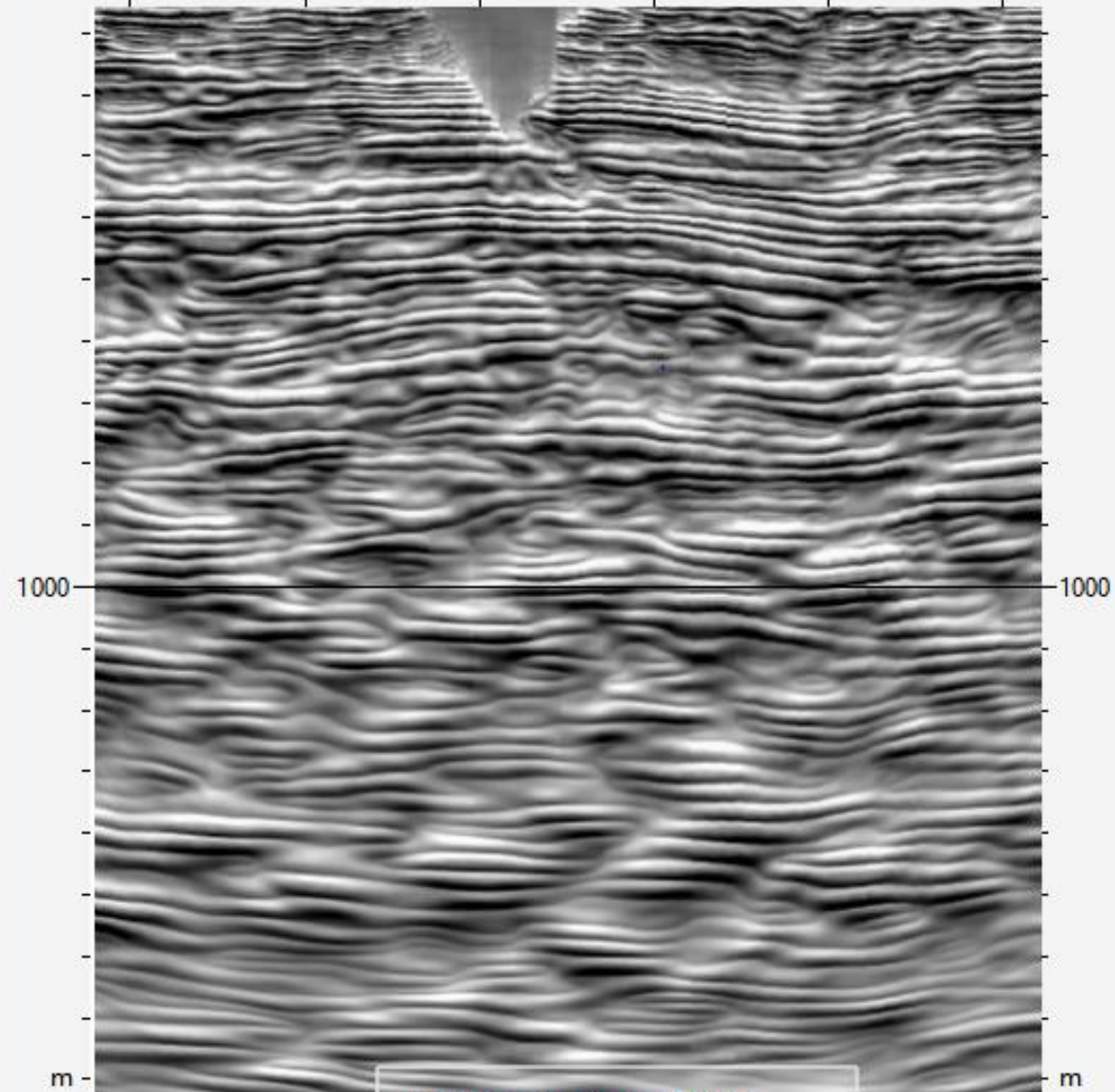
0 100 200 300 meters

ES-0384-RL-0108- INVERSÃO PARA IMP. ACÚSTICA
PALETA DE CORES PHASE2- COM INTERPRETAÇÃO

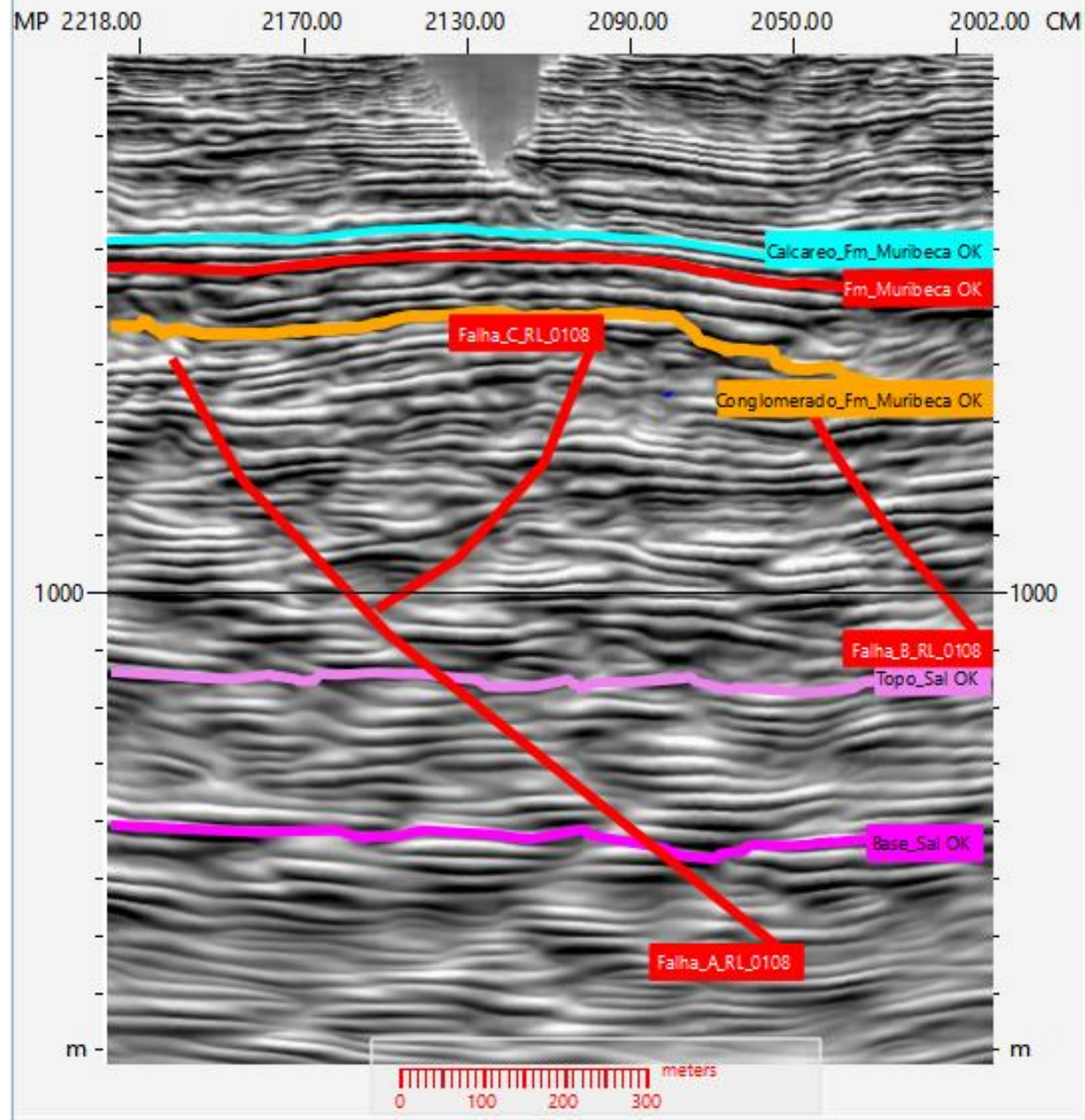


ES-0384-RL-0108-INVERSÃO PARA IMPEDÂNCIA
ACÚSTICA - VOL- AMP -SEM INTERPRETAÇÃO

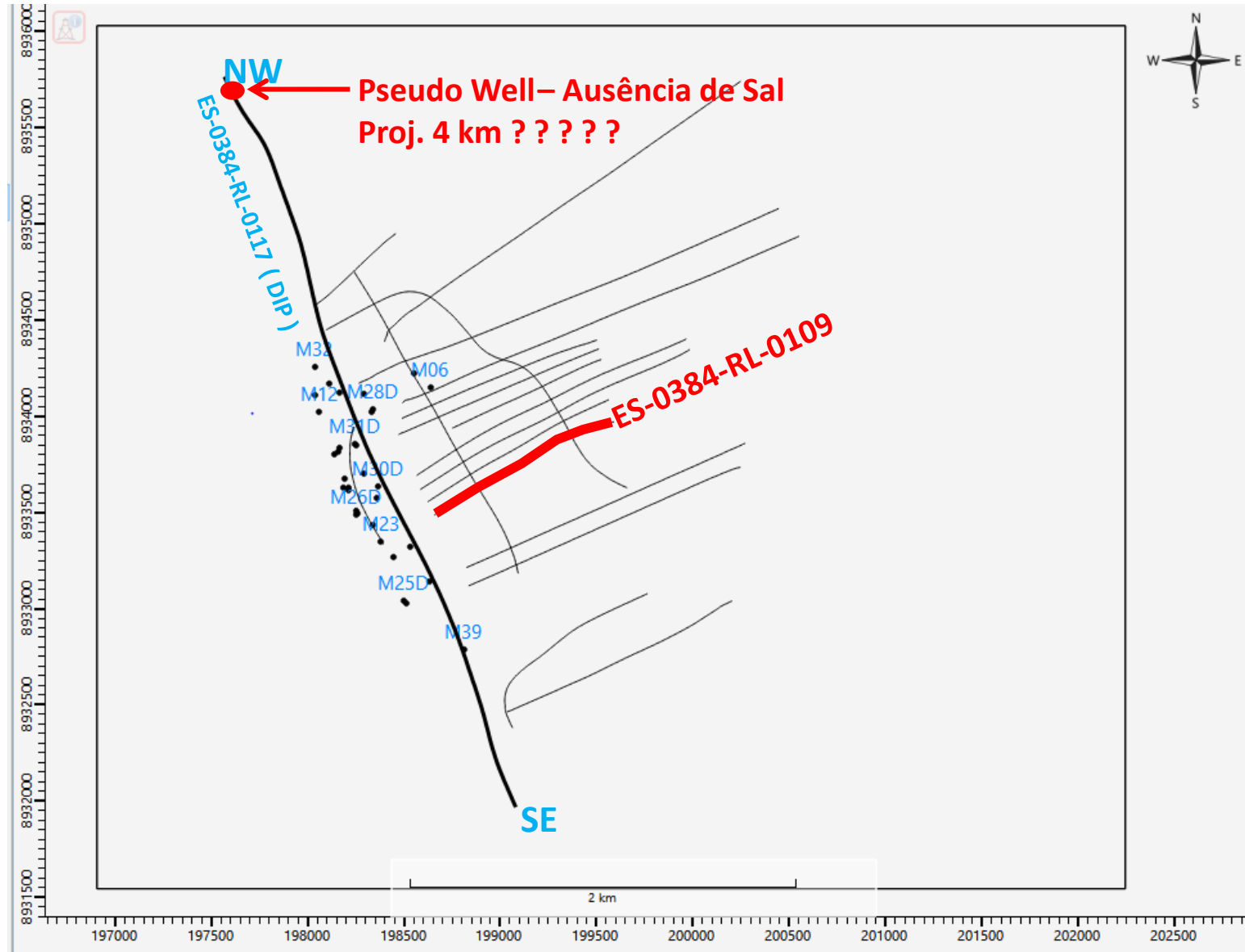
MP 2218.00 2170.00 2130.00 2090.00 2050.00 2002.00 CM



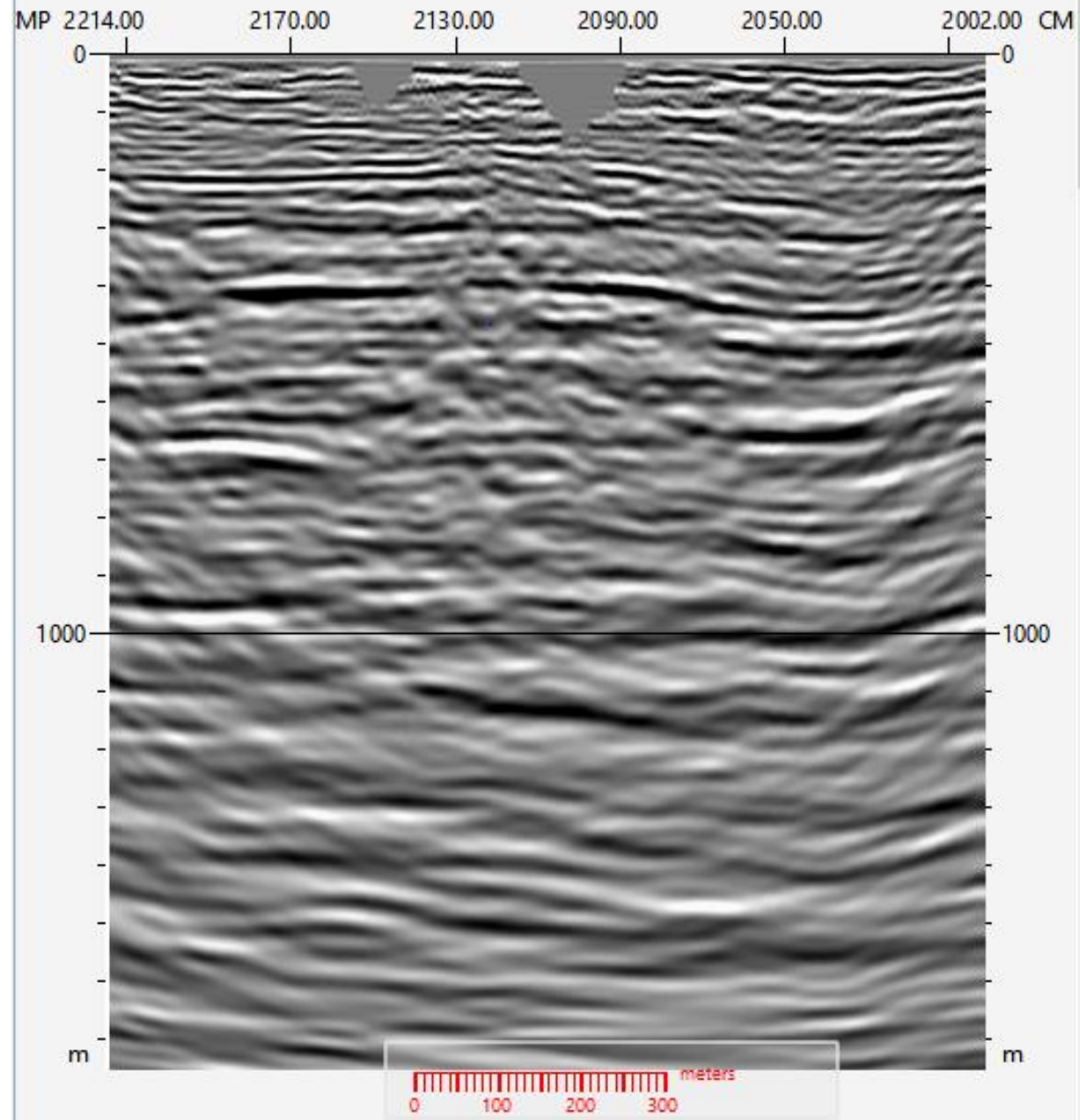
ES-0384-RL-0108-INVERSÃO PARA IMPEDÂNCIA
ACÚSTICA - VOL- AMP -COM INTERPRETAÇÃO



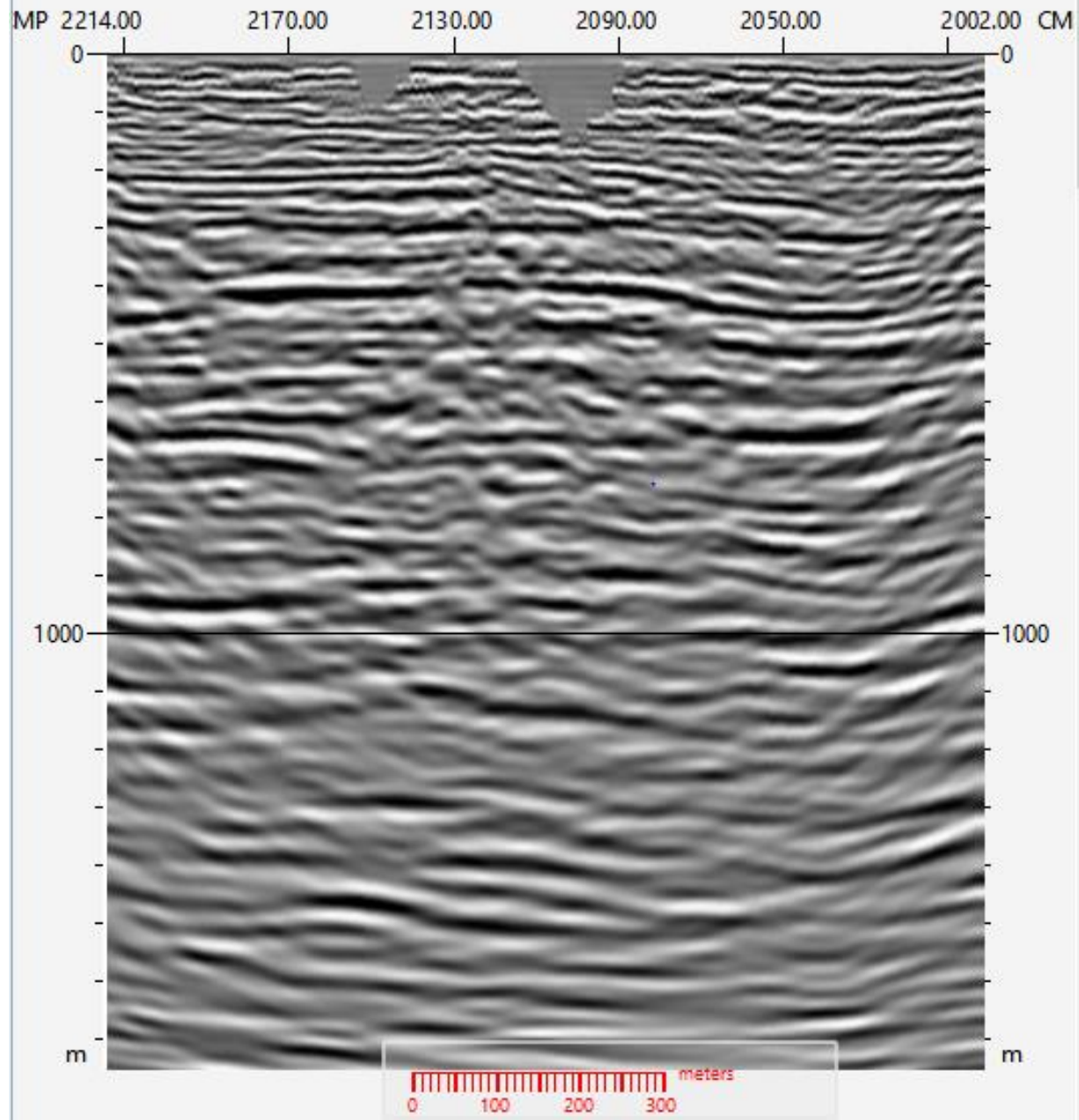
ES-0384-RL-0109



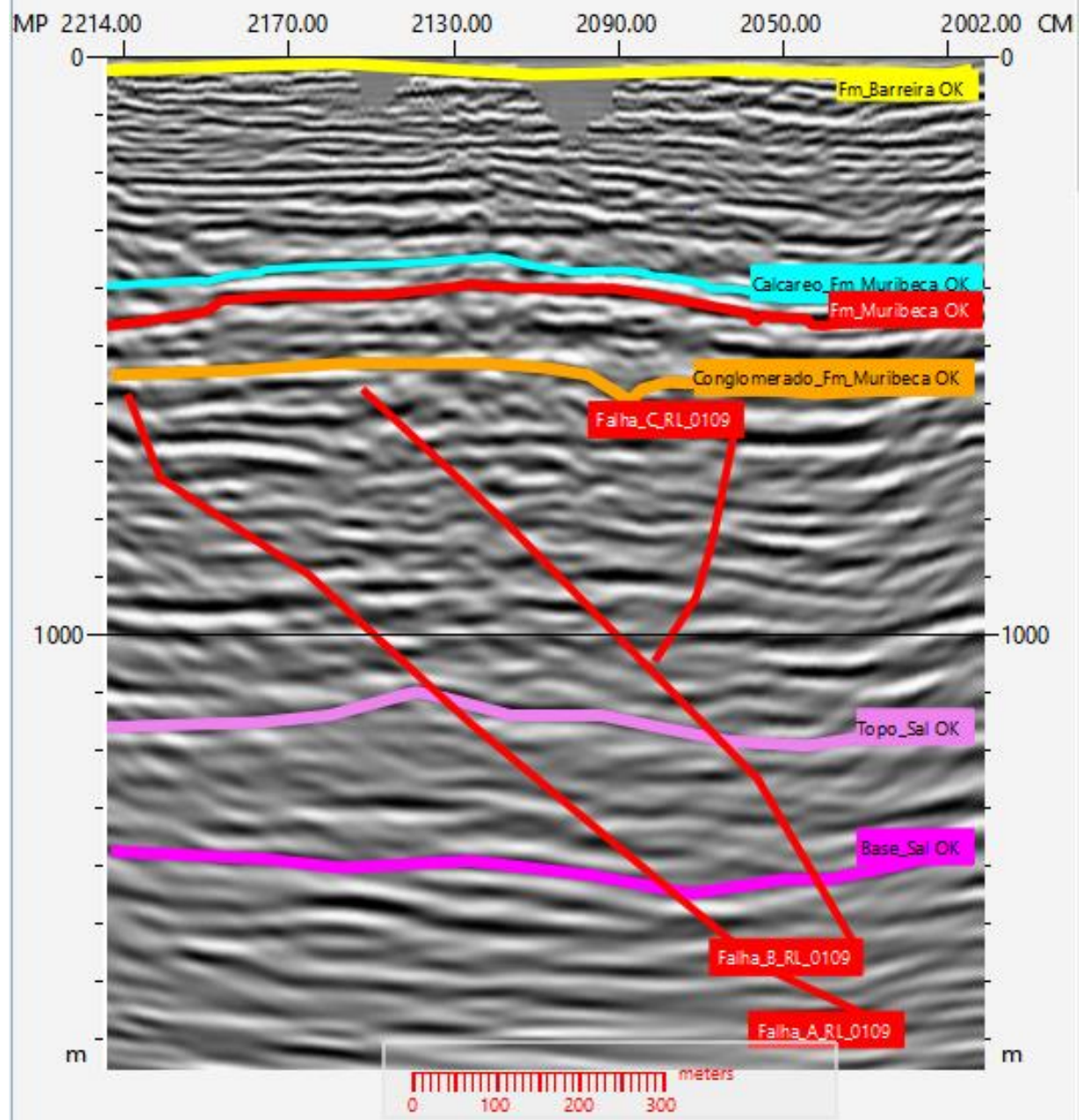
ES-0384-RL-0109-DADO RECEBIDO DO PROCESSAMENTO - SEM INTERPRETAÇÃO



ES-0384-RL-0109-INVERSÃO PARA IMPEDÂNCIA ACÚSTICA -SEM INTERPRETAÇÃO



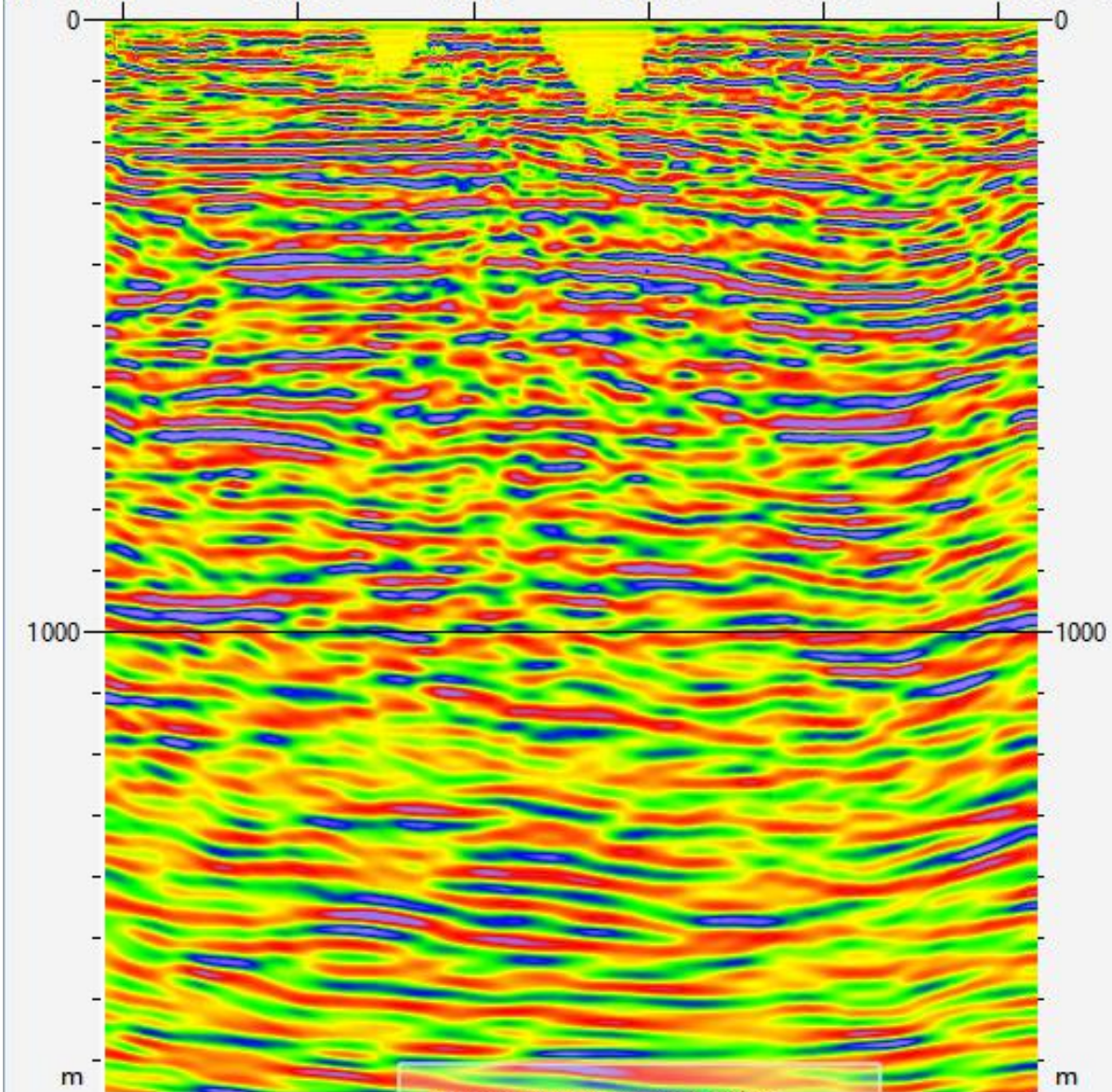
ES-0384-RL-0109-INVERSÃO PARA IMPEDÂNCIA ACÚSTICA -COM INTERPRETAÇÃO



ES-0384-RL-0109- INVERSÃO PARA IMP. ACÚSTICA

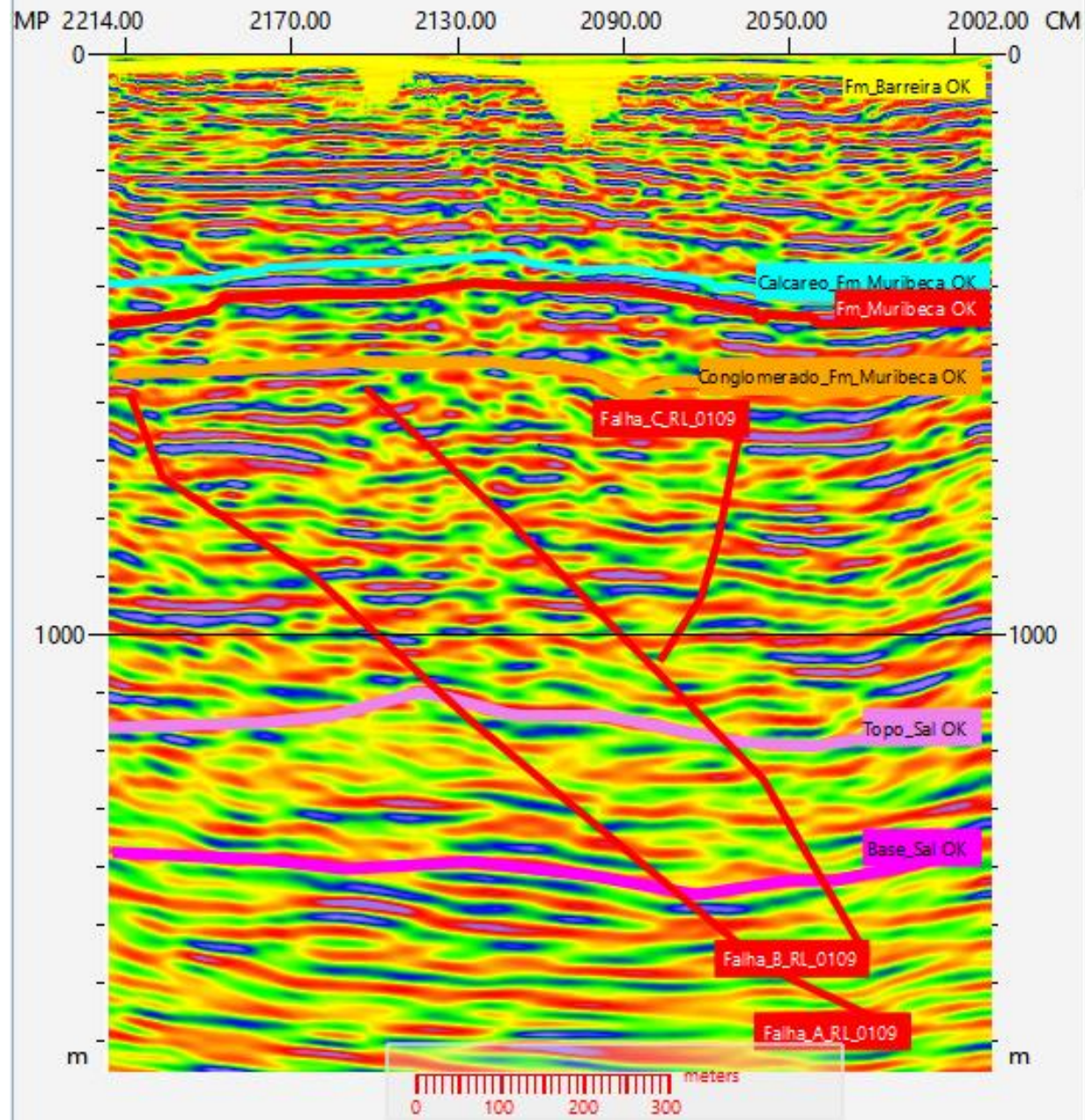
PALETA DE CORES PHASE2- SEM INTERPRETAÇÃO

MP 2214.00 2170.00 2130.00 2090.00 2050.00 2002.00 CM



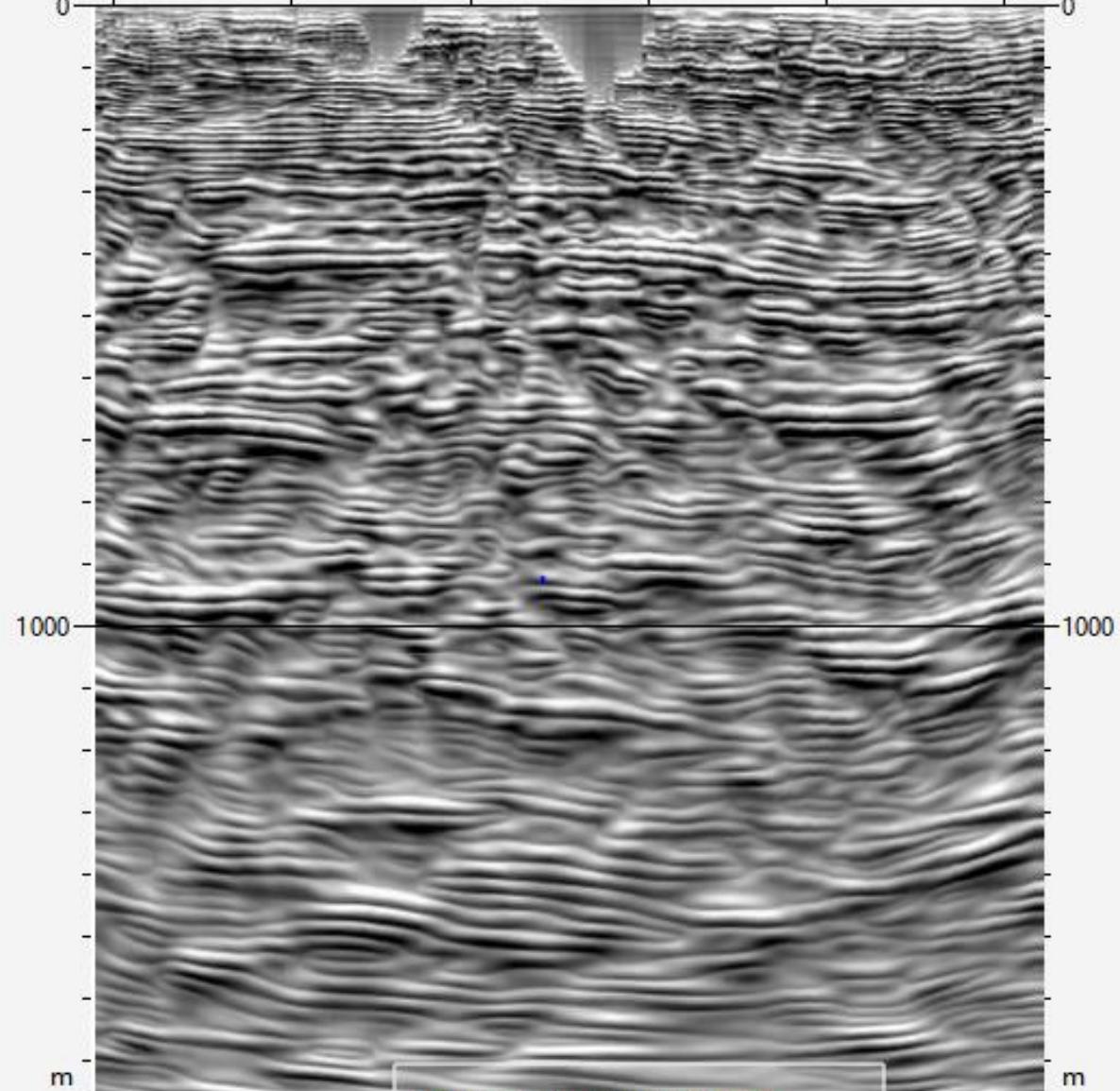
ES-0384-RL-0109- INVERSÃO PARA IMP. ACÚSTICA

PALETA DE CORES PHASE2- COM INTERPRETAÇÃO

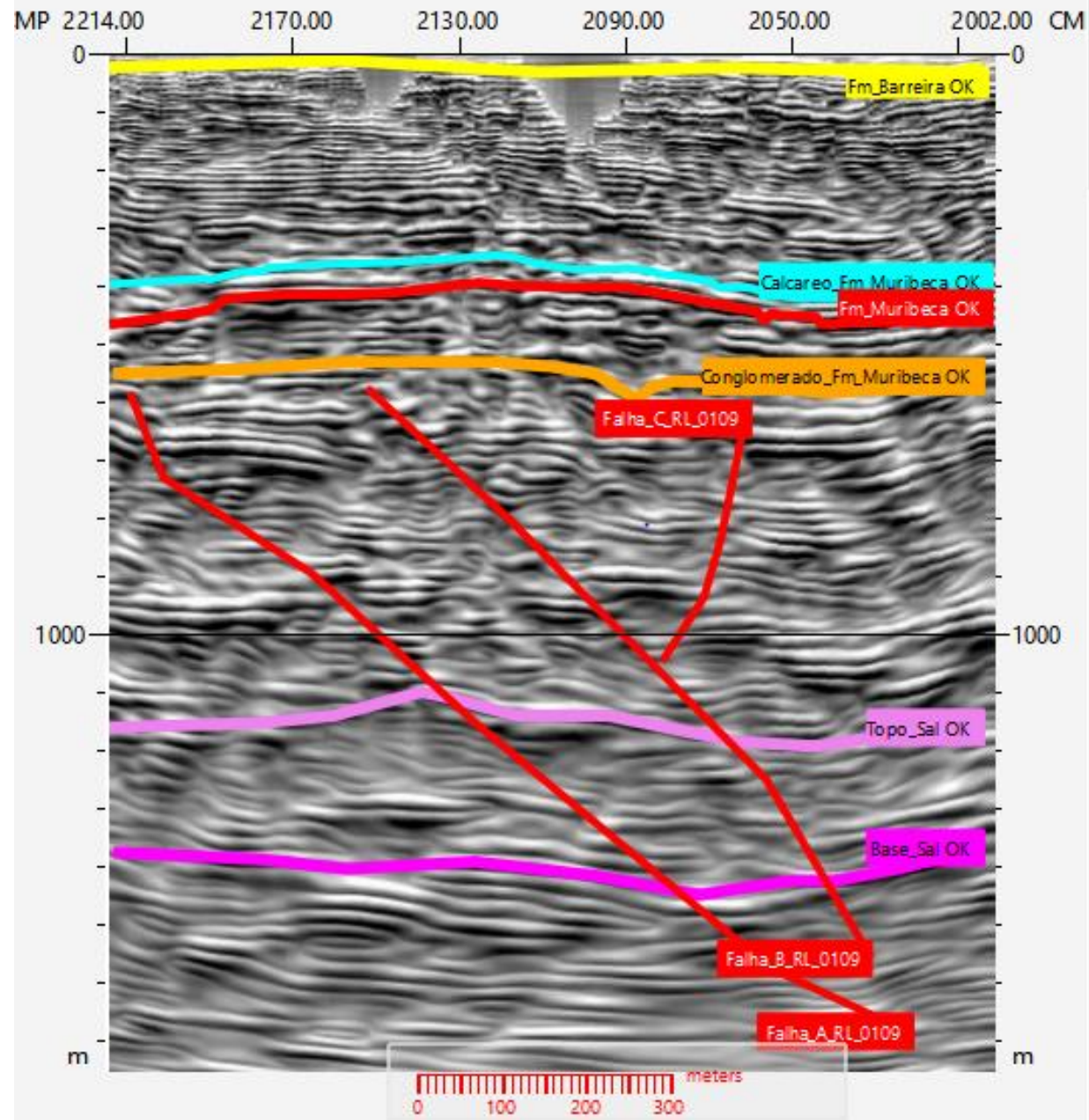


ES-0384-RL-0109-INVERSÃO PARA IMPEDÂNCIA
ACÚSTICA - VOL- AMP -SEM INTERPRETAÇÃO

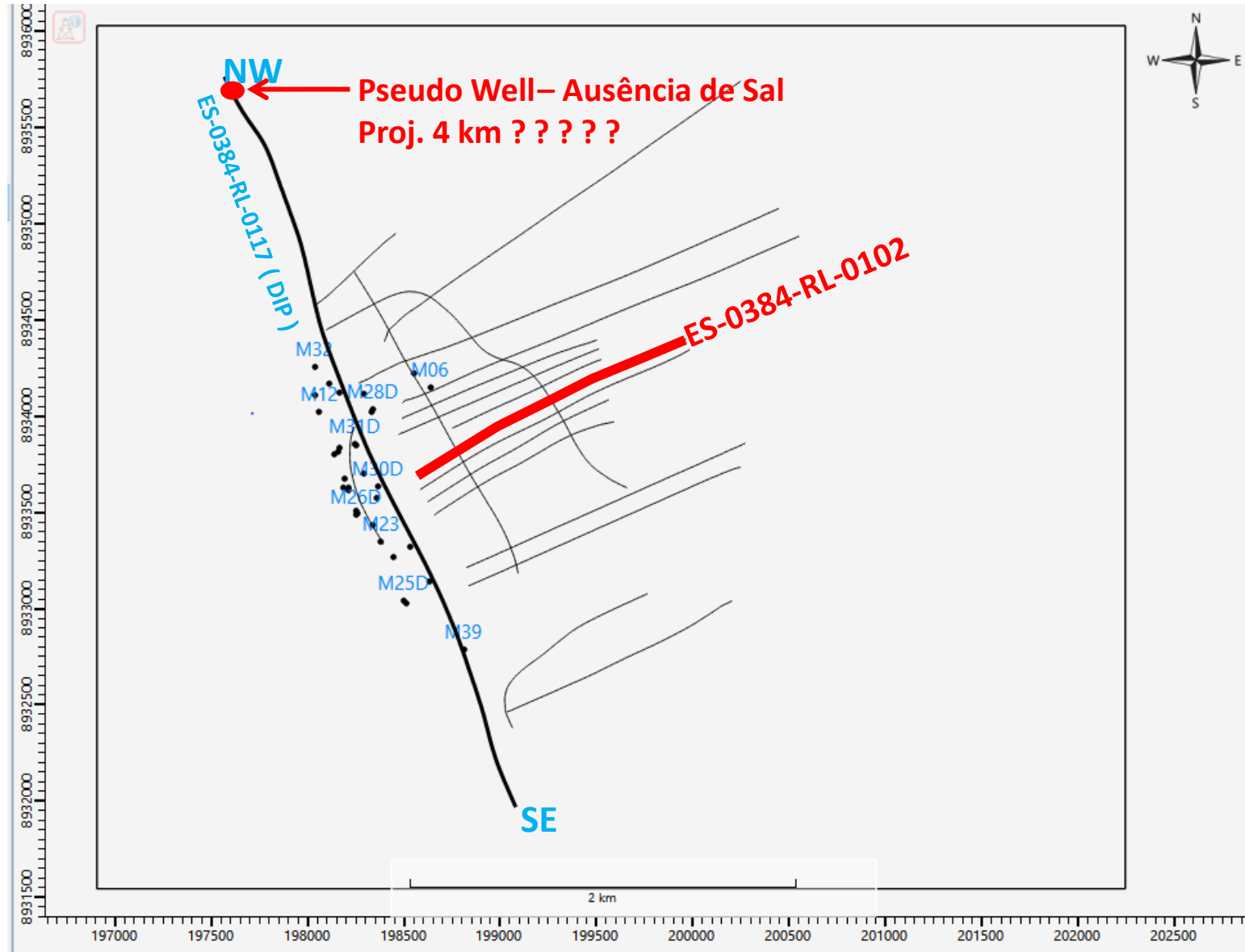
MP 2214.00 2170.00 2130.00 2090.00 2050.00 2002.00 CM
0



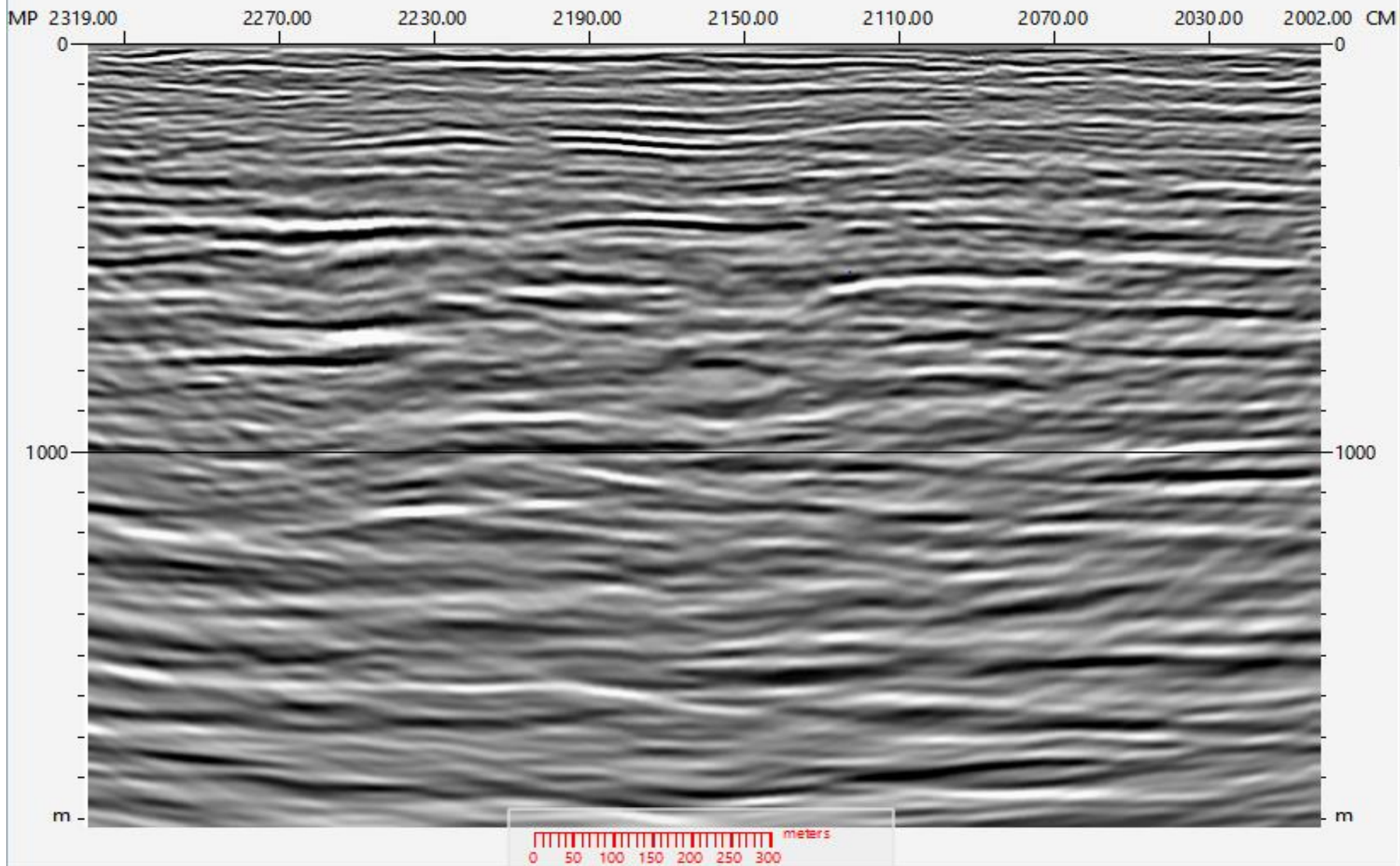
ES-0384-RL-0109-INVERSÃO PARA IMPEDÂNCIA
ACÚSTICA - VOL- AMP -COM INTERPRETAÇÃO



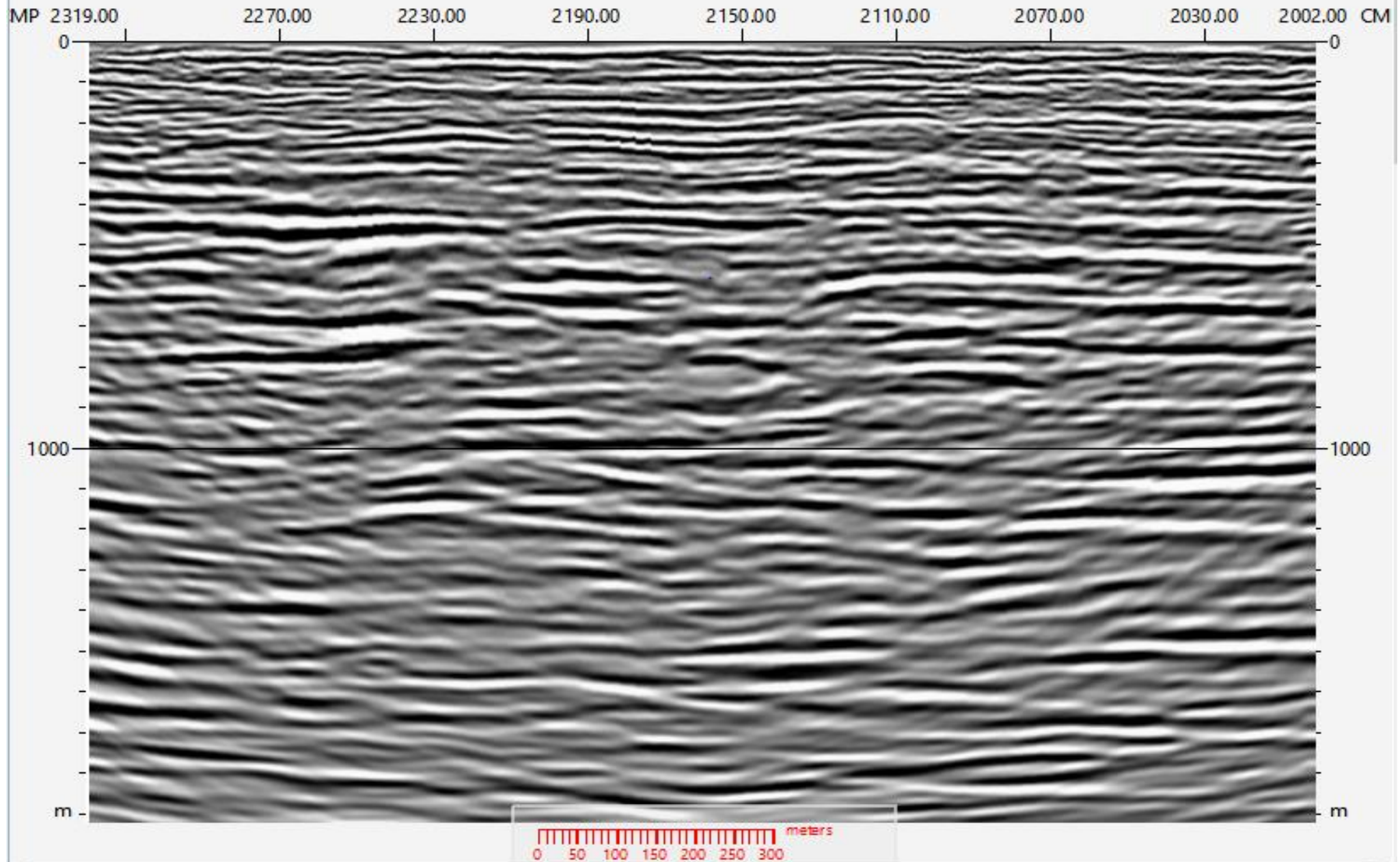
ES-0384-RL-0102



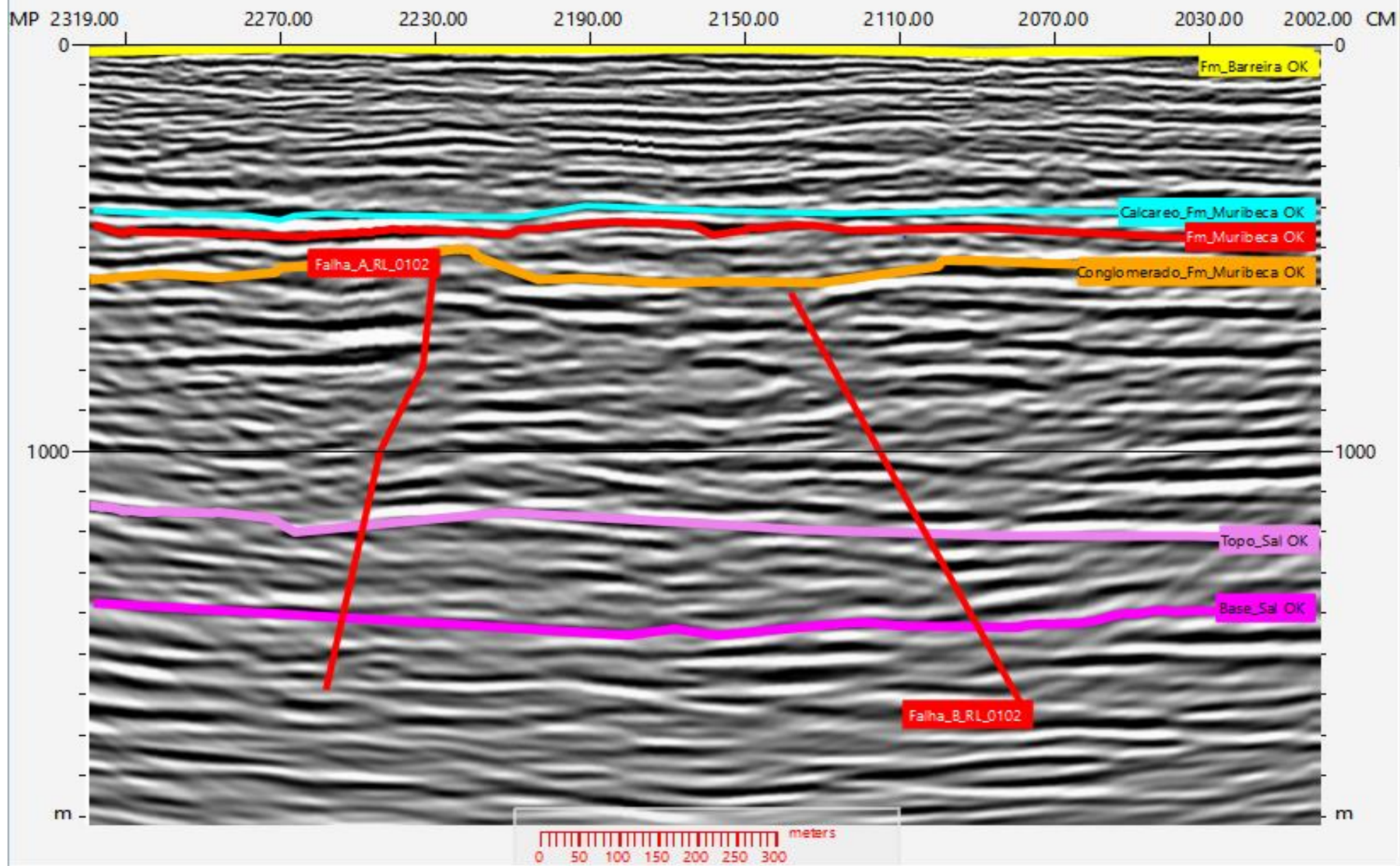
ES-0384-RL-0102-DADO RECEBIDO DO PROCESSAMENTO - SEM INTERPRETAÇÃO



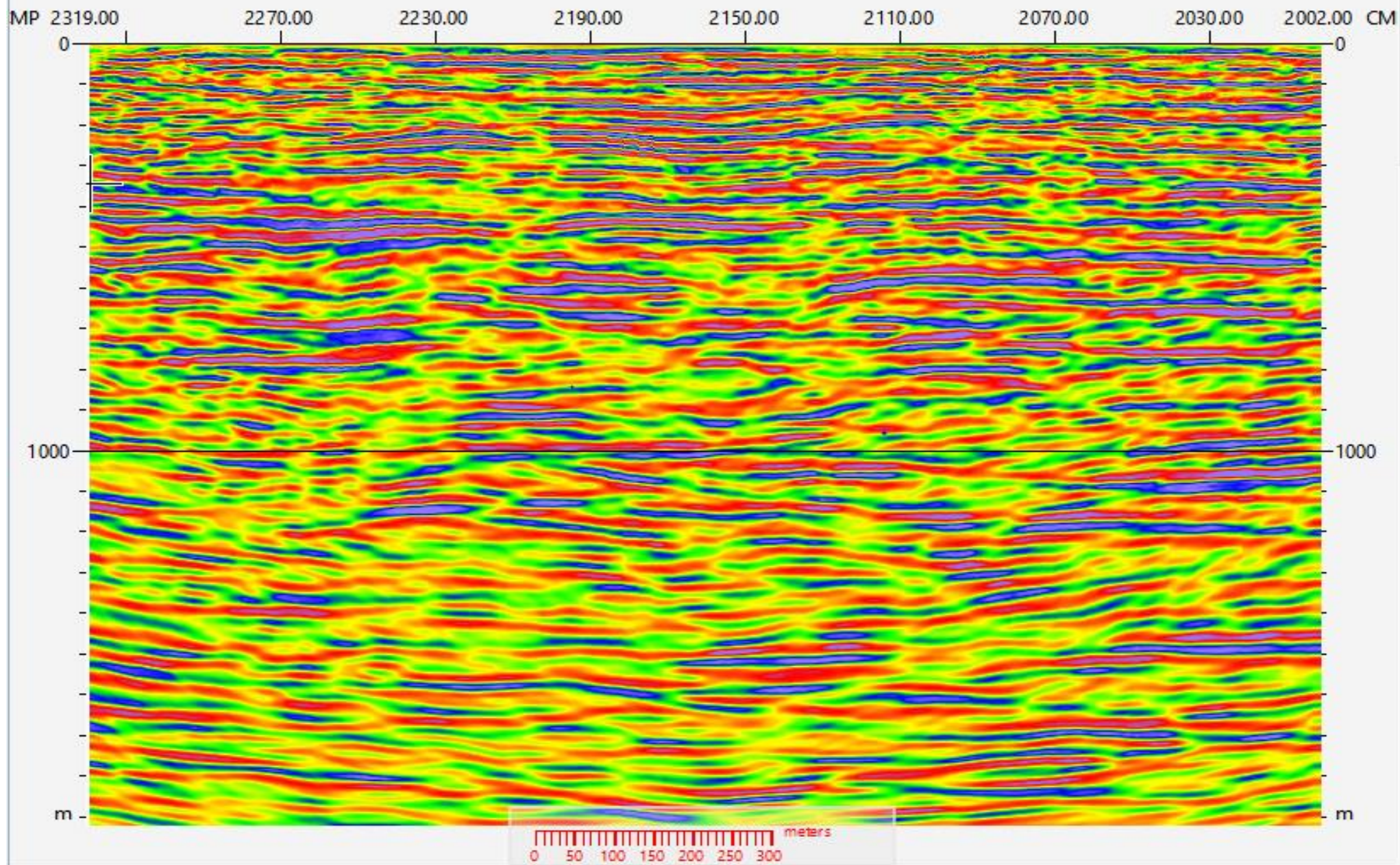
ES-0384-RL-0102-INVERSÃO PARA IMPEDÂNCIA ACÚSTICA -SEM INTERPRETAÇÃO



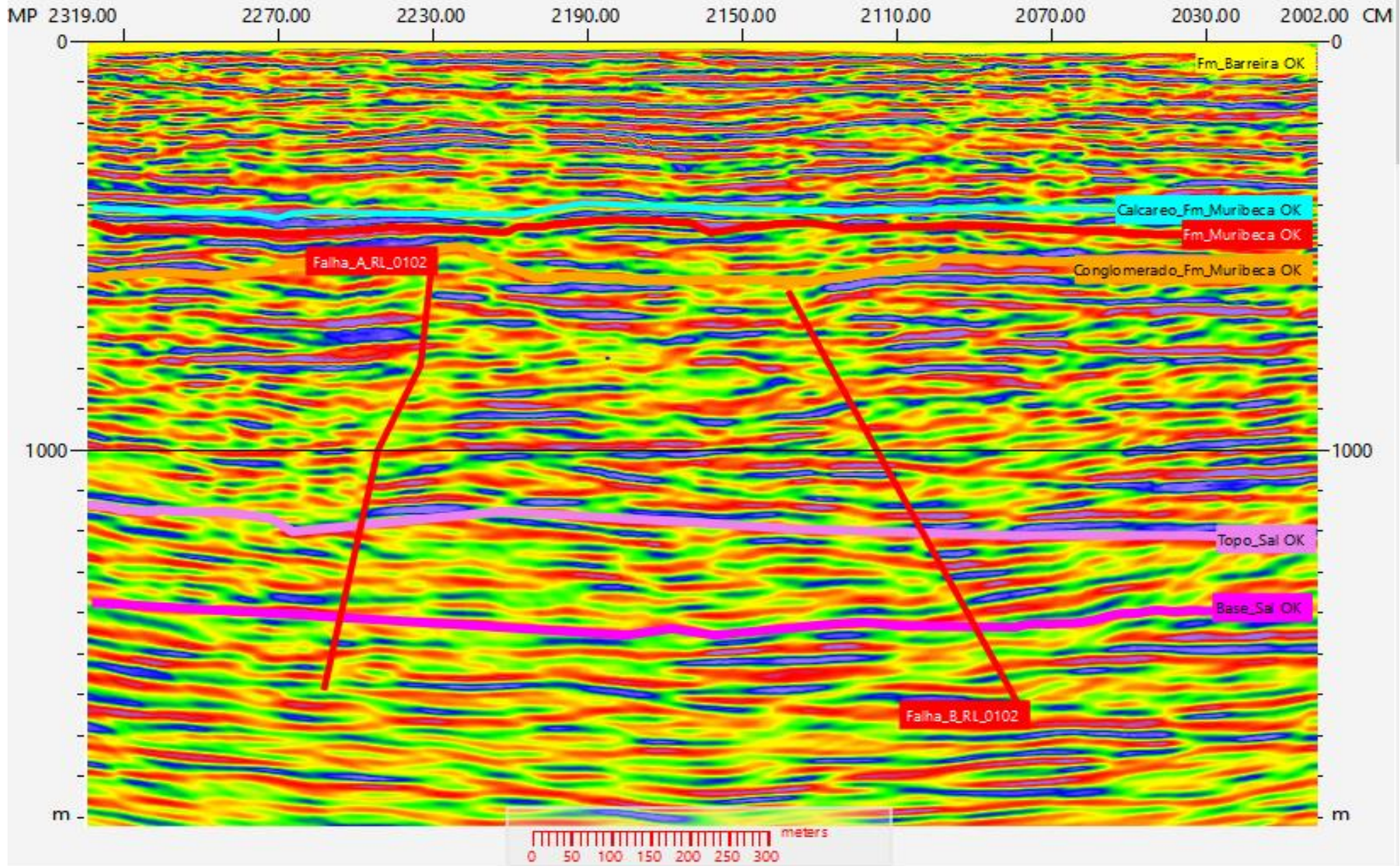
ES-0384-RL-0102-INVERSÃO PARA IMPEDÂNCIA ACÚSTICA -COM INTERPRETAÇÃO



ES-0384-RL-0102- INVERSÃO PARA IMP. ACÚSTICA
PALETA DE CORES PHASE2- SEM INTERPRETAÇÃO

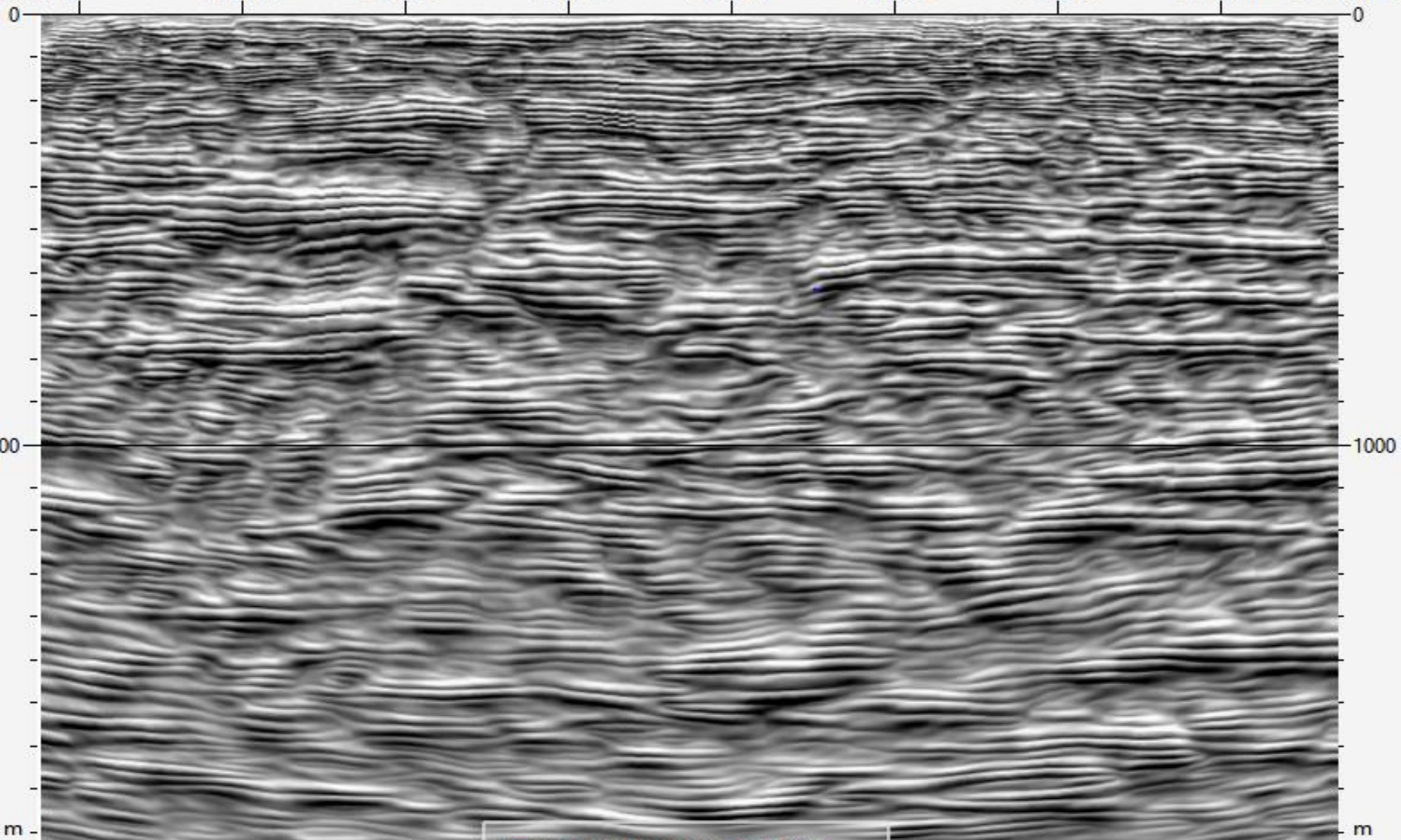


ES-0384-RL-0102- INVERSÃO PARA IMP. ACÚSTICA
PALETA DE CORES PHASE2- COM INTERPRETAÇÃO

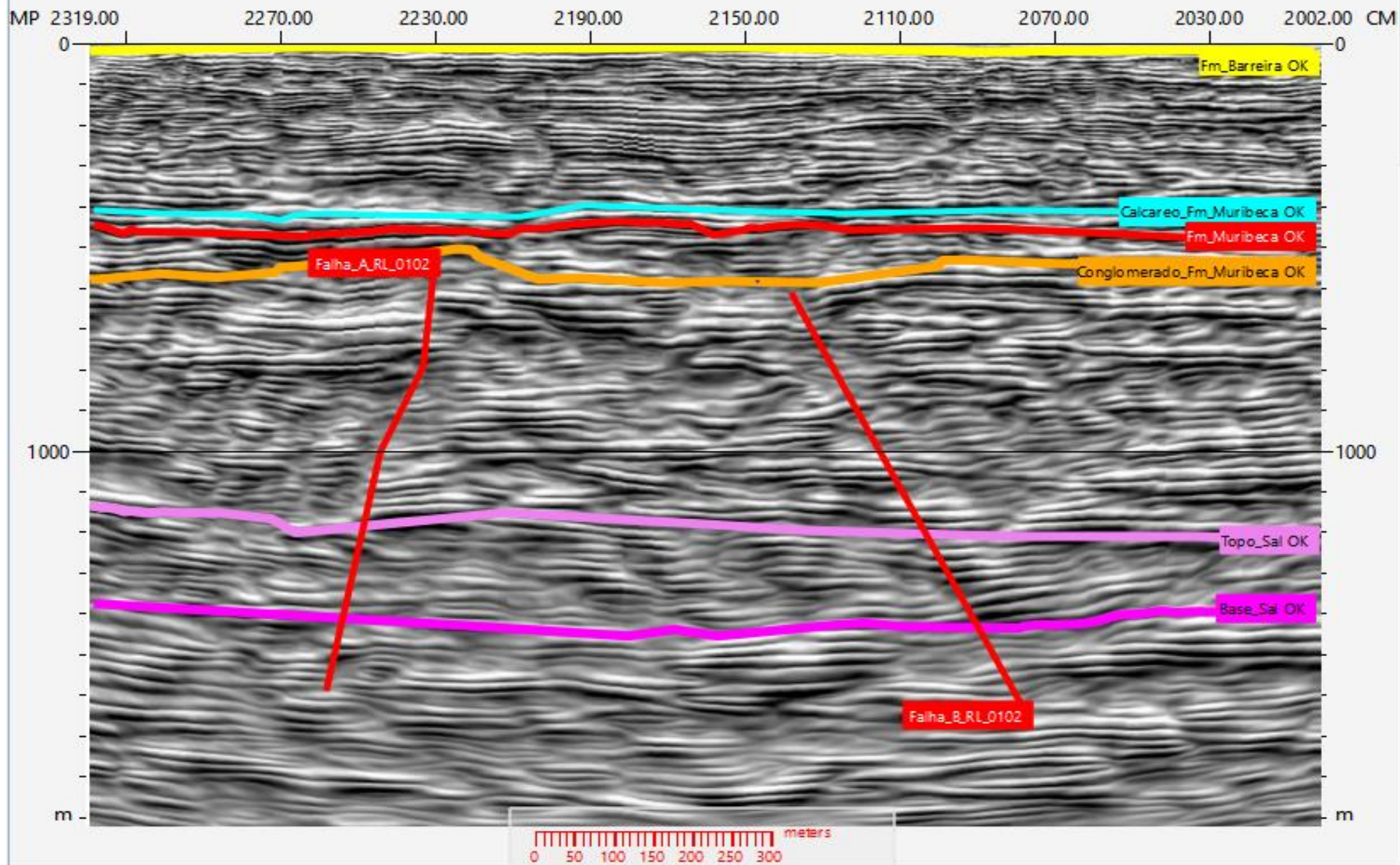


ES-0384-RL-0102-INVERSÃO PARA IMPEDÂNCIA
ACÚSTICA - VOL- AMP -SEM INTERPRETAÇÃO

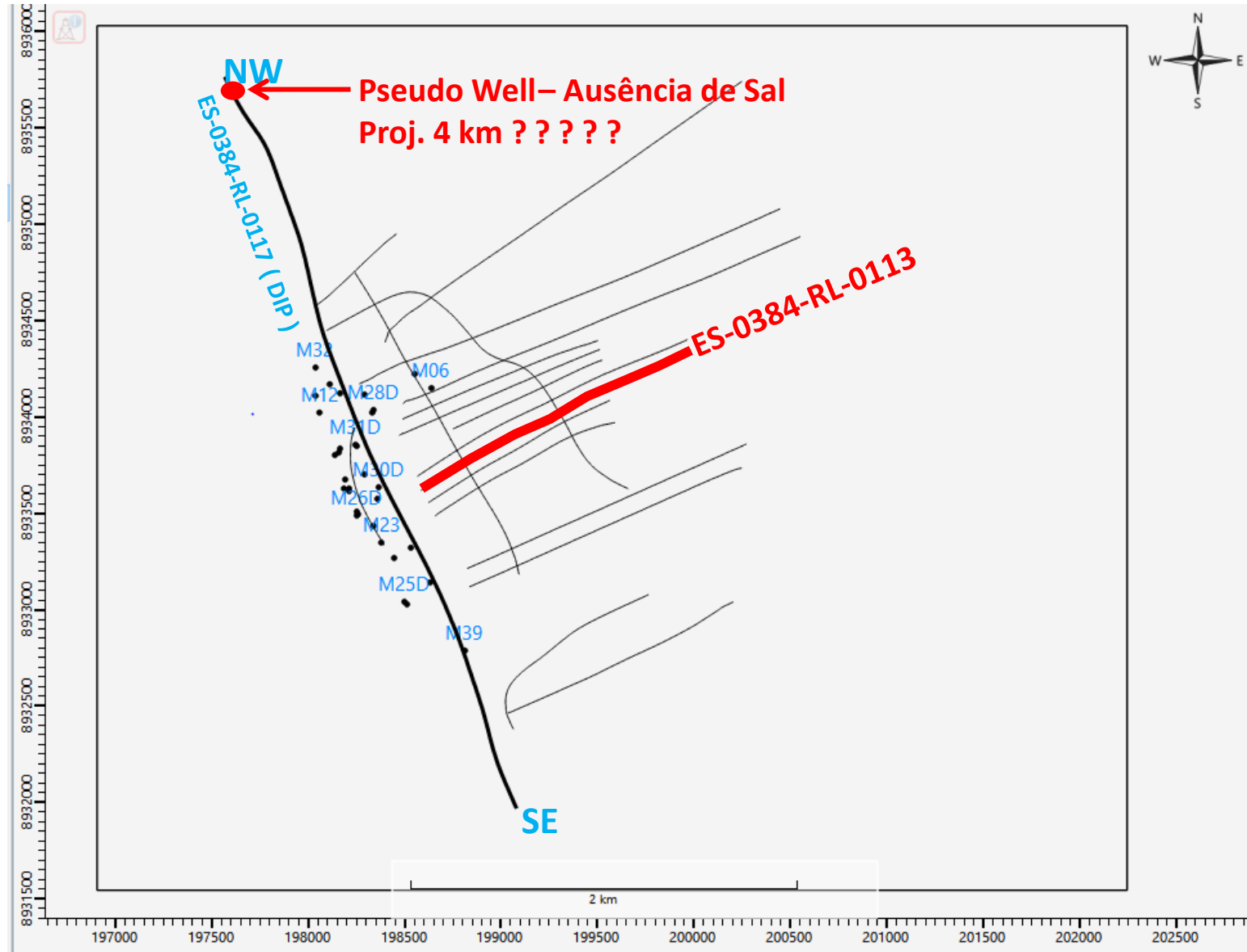
MP 2319.00 2270.00 2230.00 2190.00 2150.00 2110.00 2070.00 2030.00 2002.00 CM



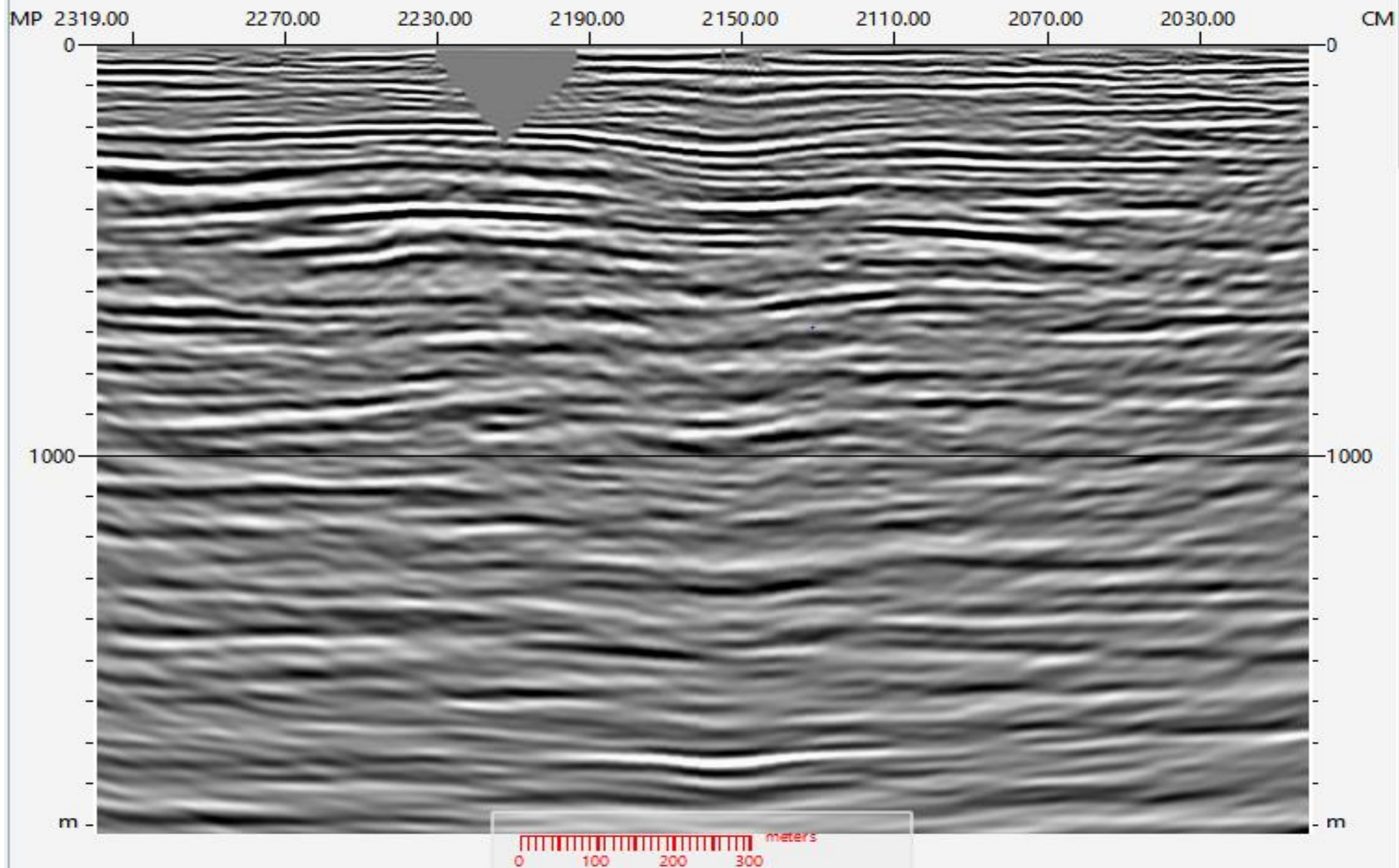
ES-0384-RL-0102-INVERSÃO PARA IMPEDÂNCIA
ACÚSTICA - VOL- AMP -COM INTERPRETAÇÃO



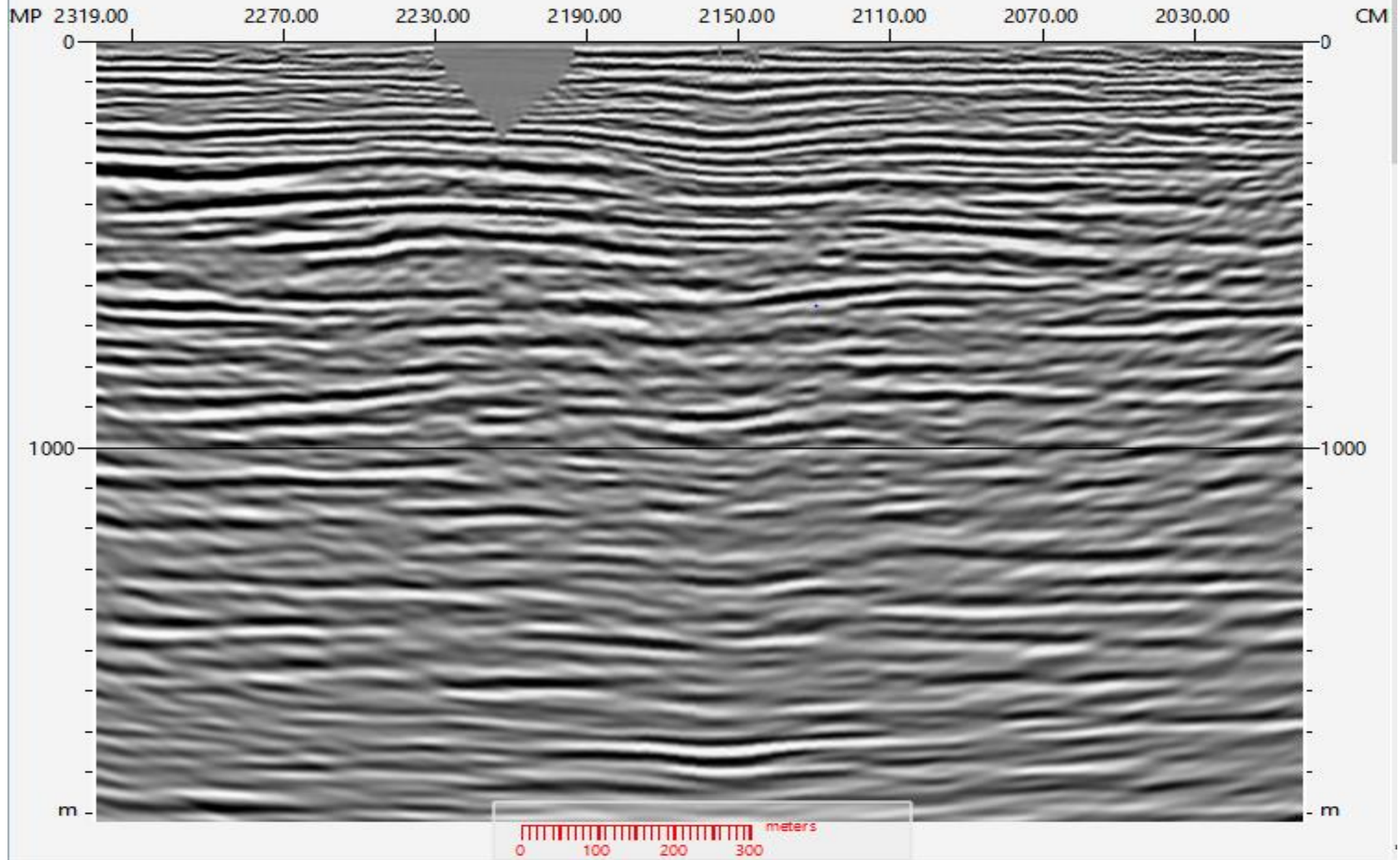
ES-0384-RL-0113



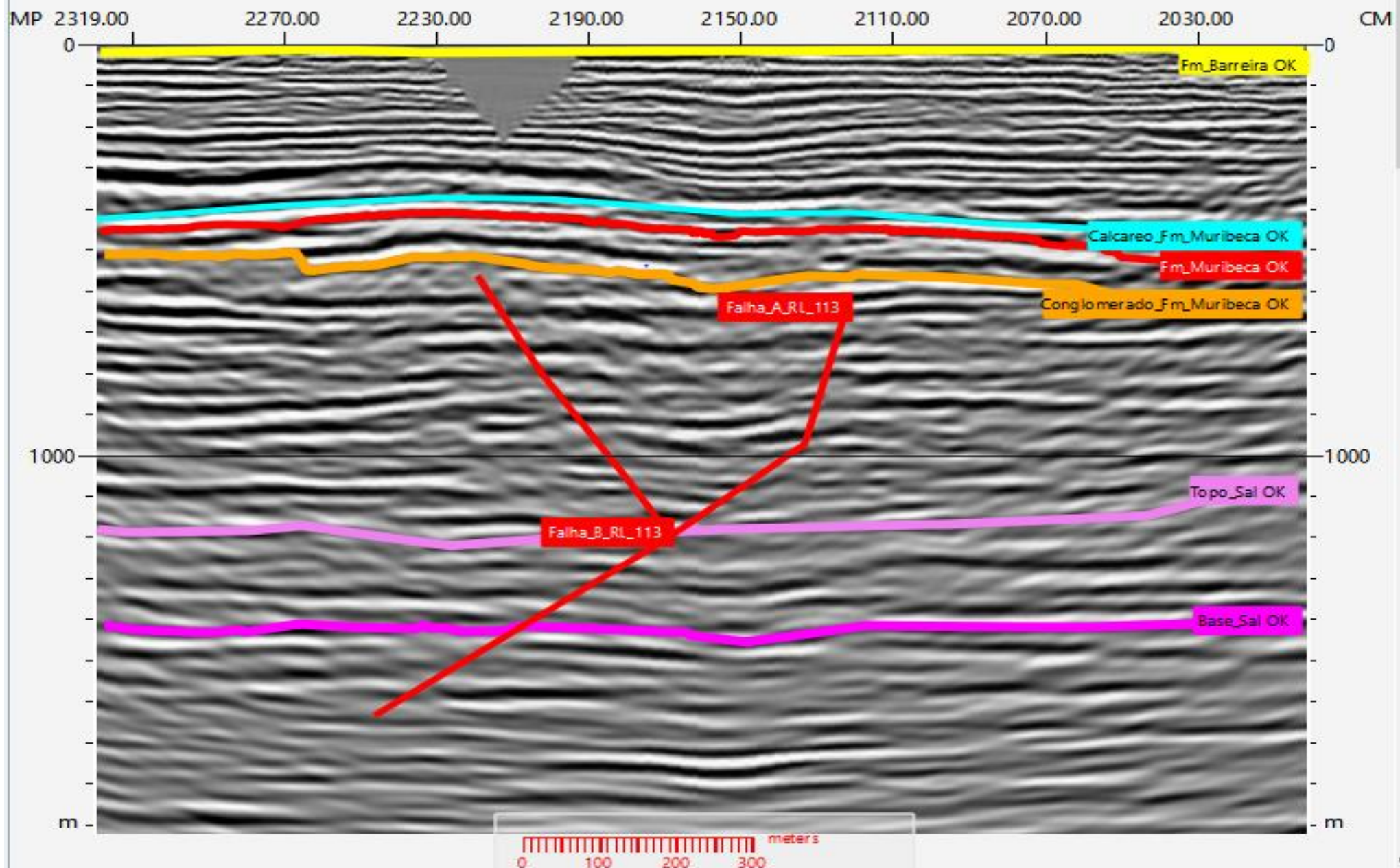
ES-0384-RL-0113-DADO RECEBIDO DO PROCESSAMENTO - SEM INTERPRETAÇÃO



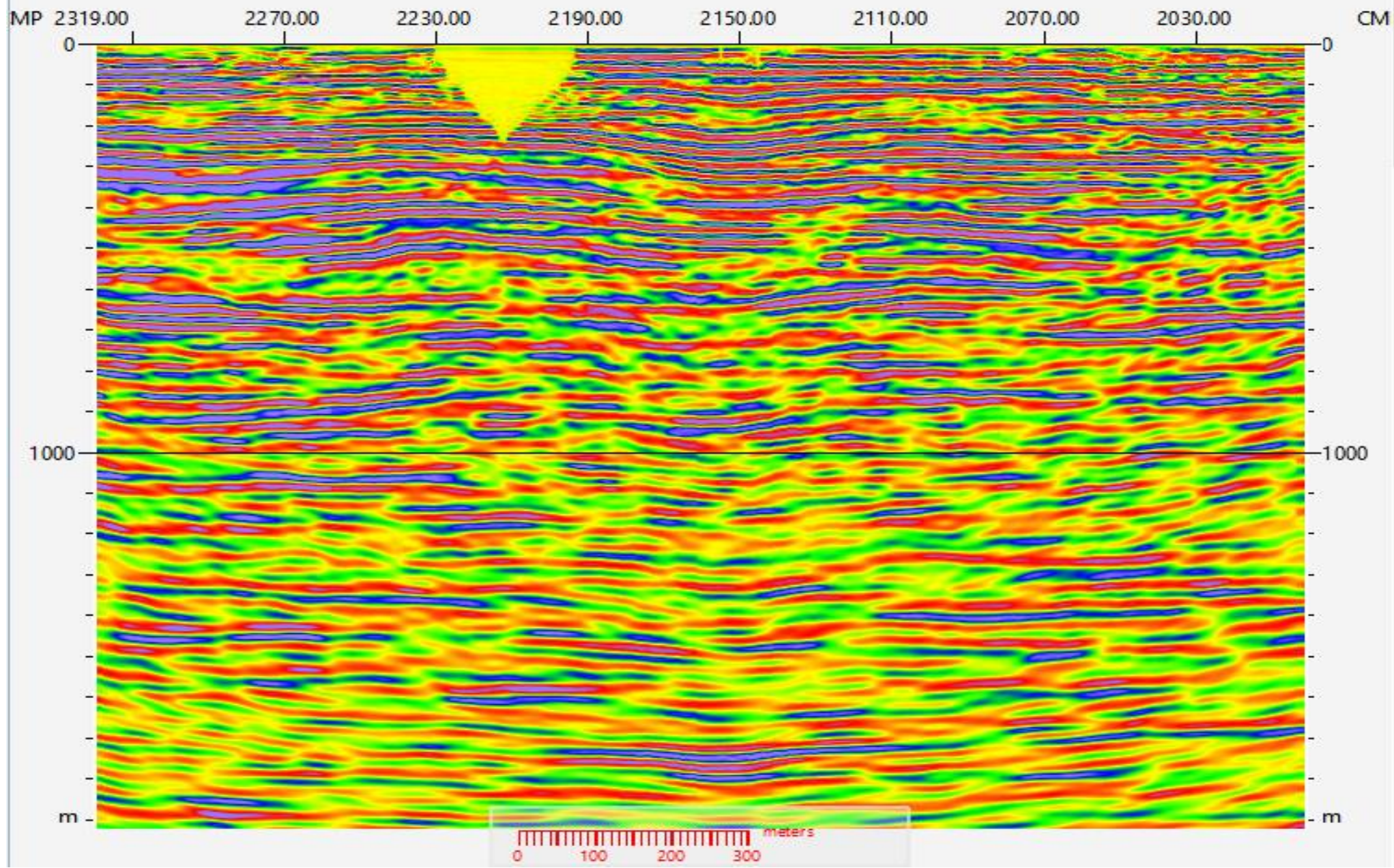
ES-0384-RL-0113-INVERSÃO PARA IMPEDÂNCIA ACÚSTICA -SEM INTERPRETAÇÃO



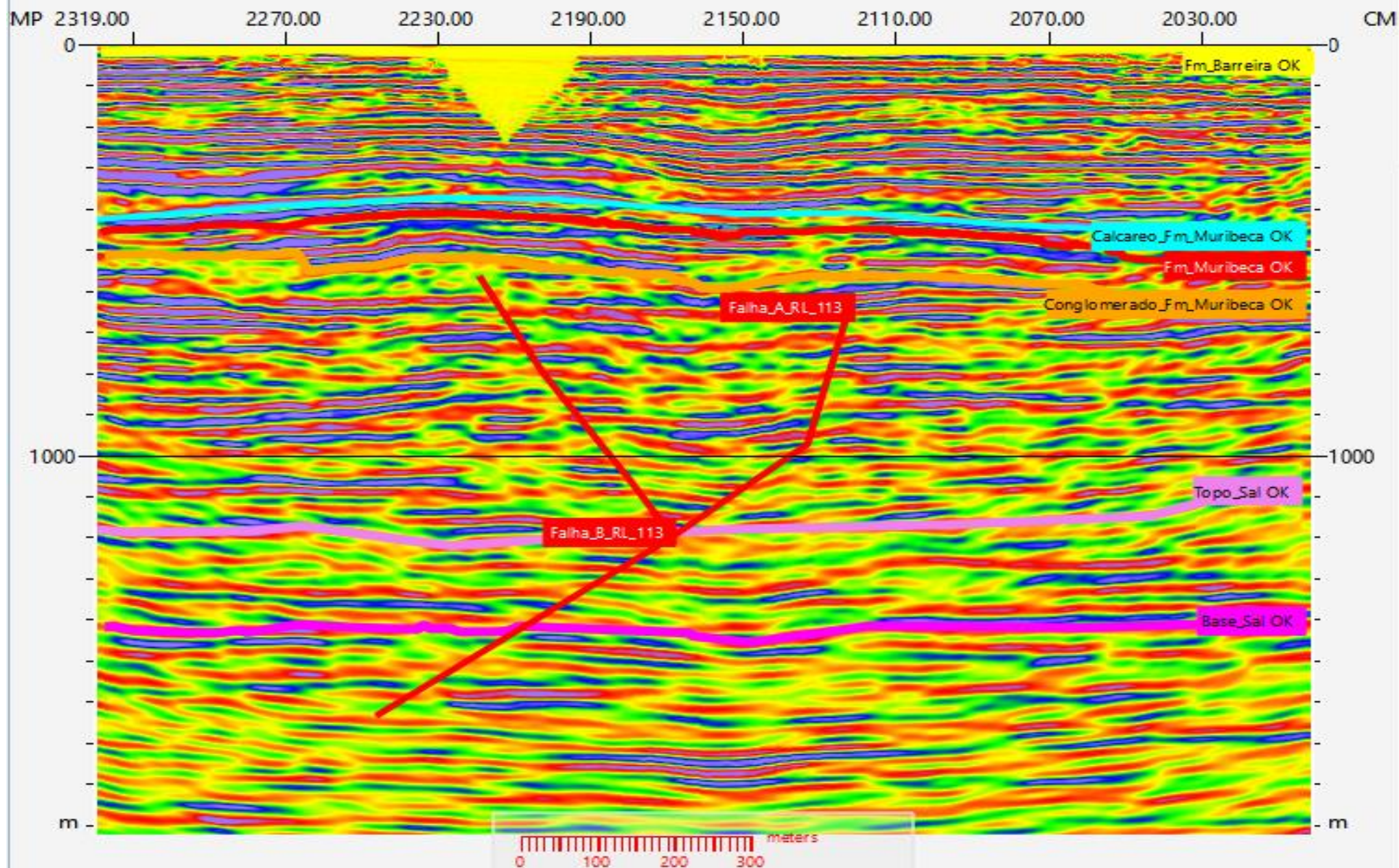
ES-0384-RL-0113-INVERSÃO PARA IMPEDÂNCIA ACÚSTICA -COM INTERPRETAÇÃO



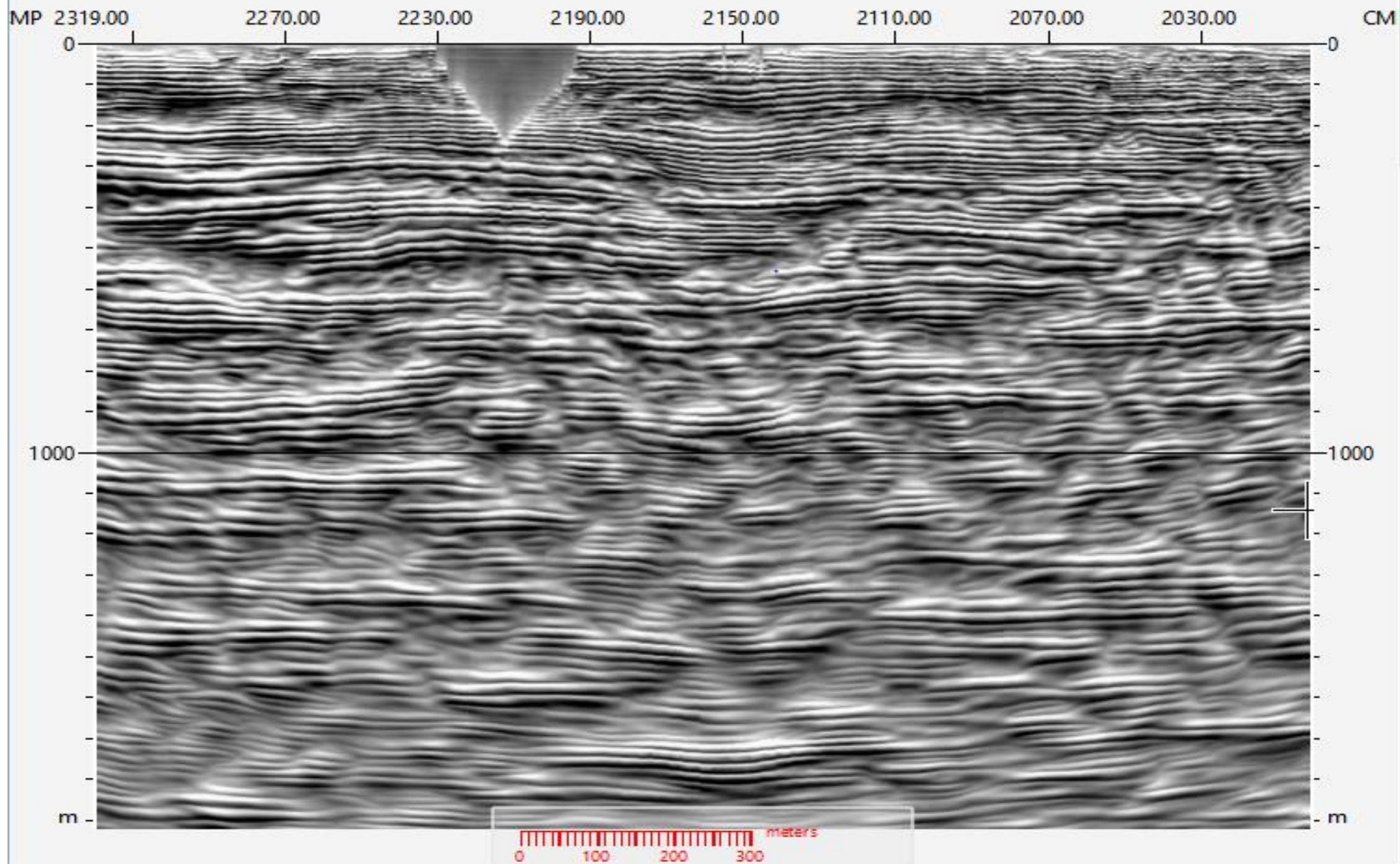
ES-0384-RL-0113- INVERSÃO PARA IMP. ACÚSTICA
PALETA DE CORES PHASE2- SEM INTERPRETAÇÃO



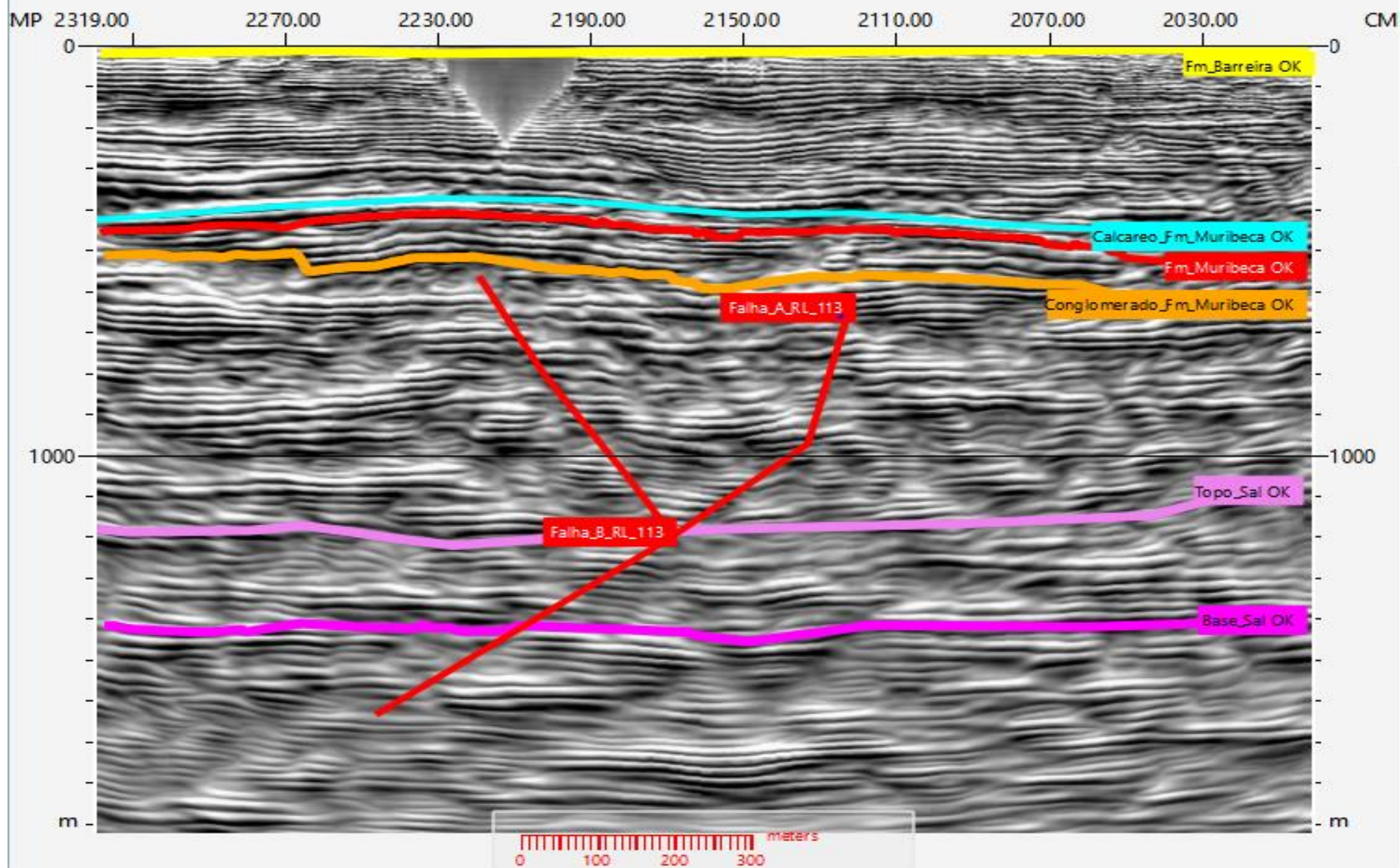
ES-0384-RL-0113- INVERSÃO PARA IMP. ACÚSTICA
PALETA DE CORES PHASE2- COM INTERPRETAÇÃO



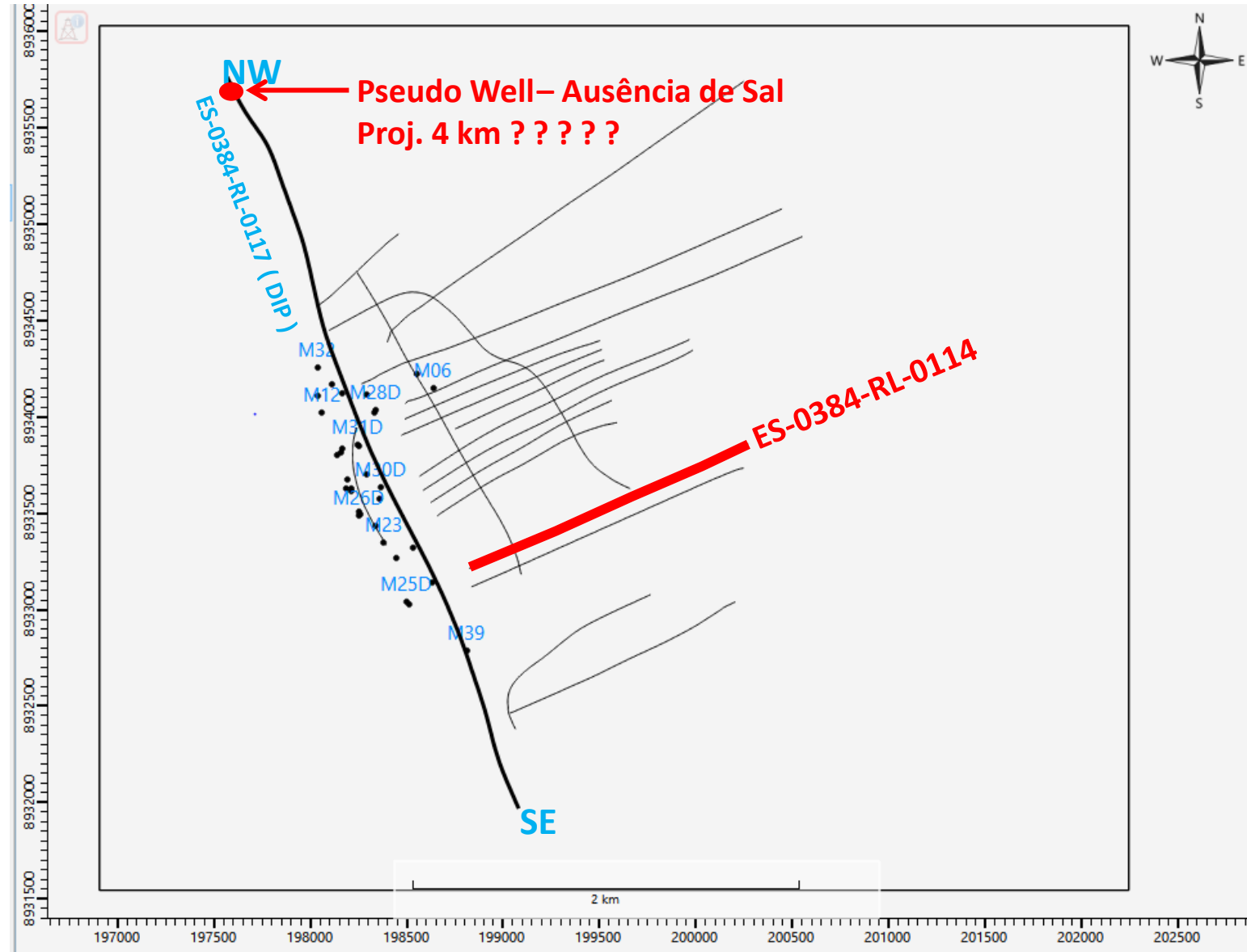
ES-0384-RL-0113-INVERSÃO PARA IMPEDÂNCIA
ACÚSTICA - VOL- AMP -SEM INTERPRETAÇÃO



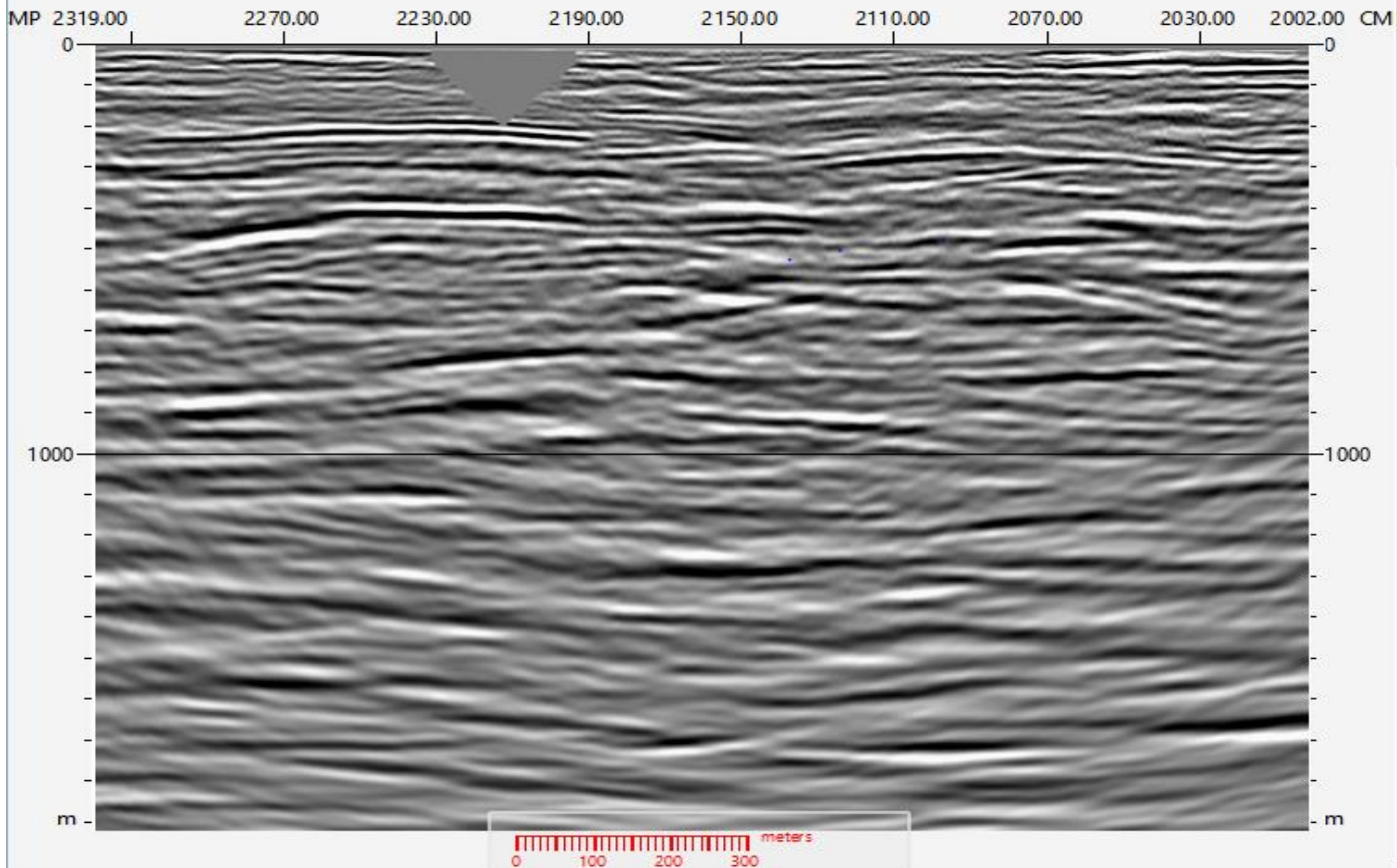
ES-0384-RL-0113-INVERSÃO PARA IMPEDÂNCIA
ACÚSTICA - VOL- AMP -COM INTERPRETAÇÃO



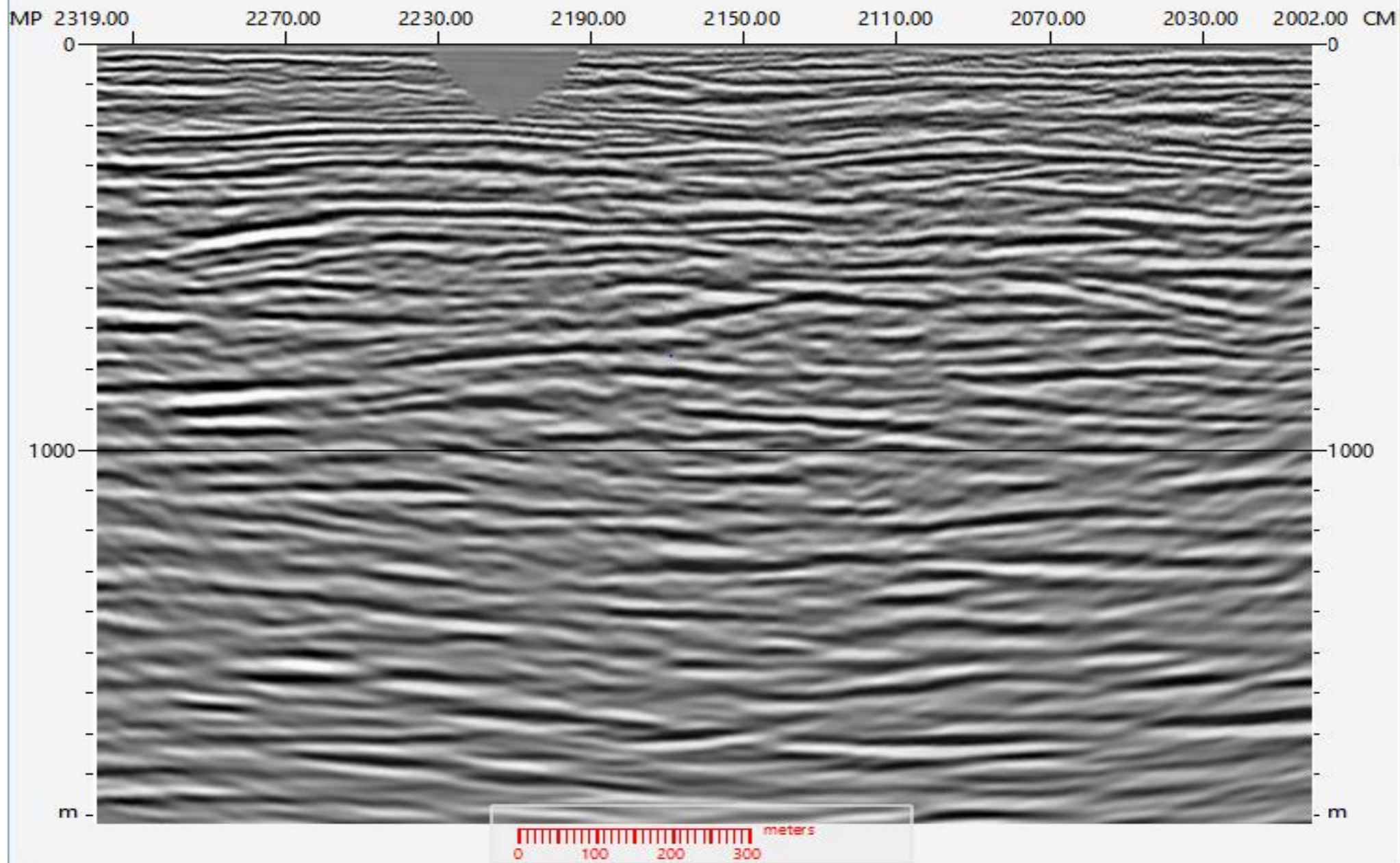
ES-0384-RL-0114



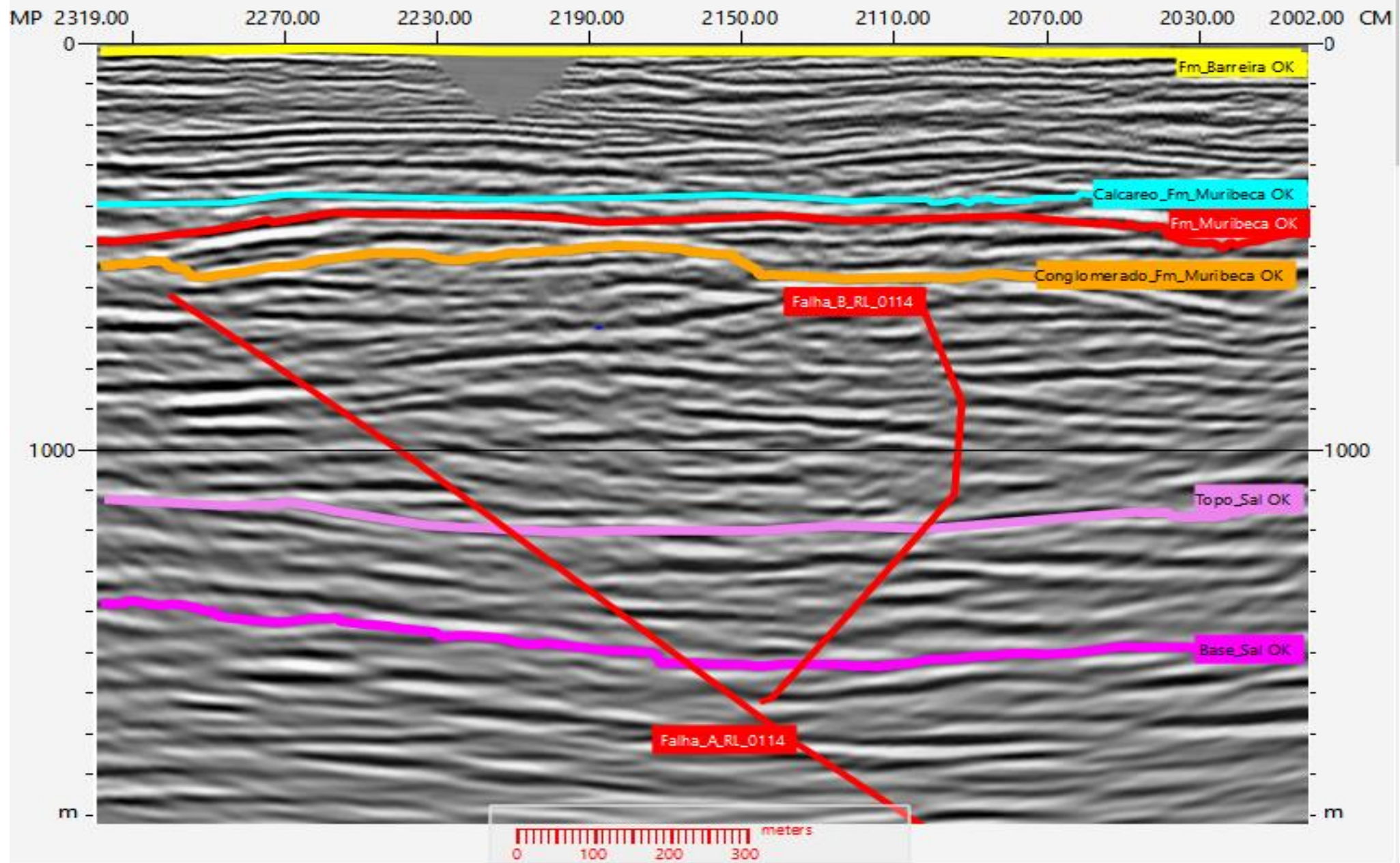
ES-0384-RL-0114-DADO RECEBIDO DO PROCESSAMENTO - SEM INTERPRETAÇÃO



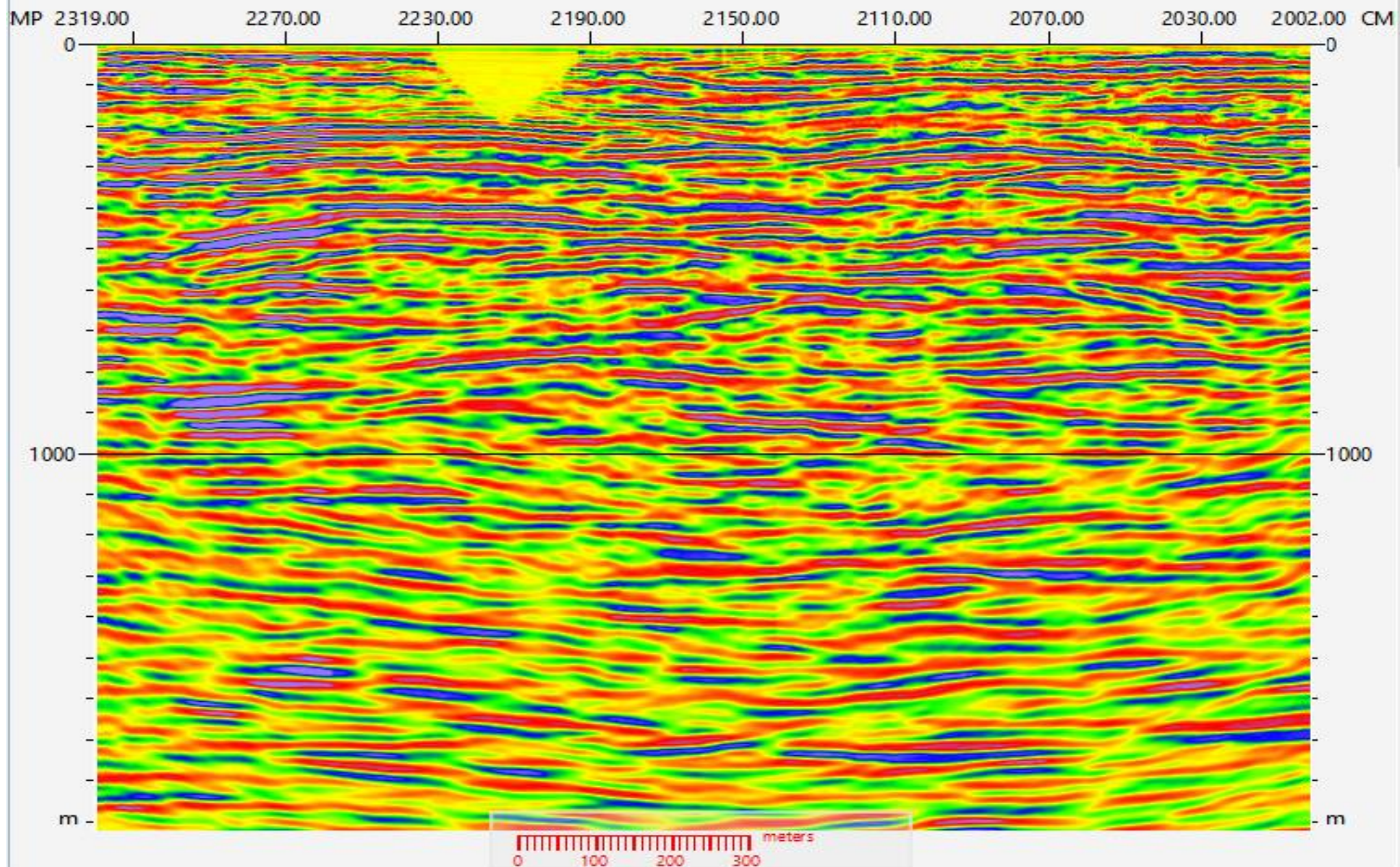
ES-0384-RL-0114-INVERSÃO PARA IMPEDÂNCIA ACÚSTICA -SEM INTERPRETAÇÃO



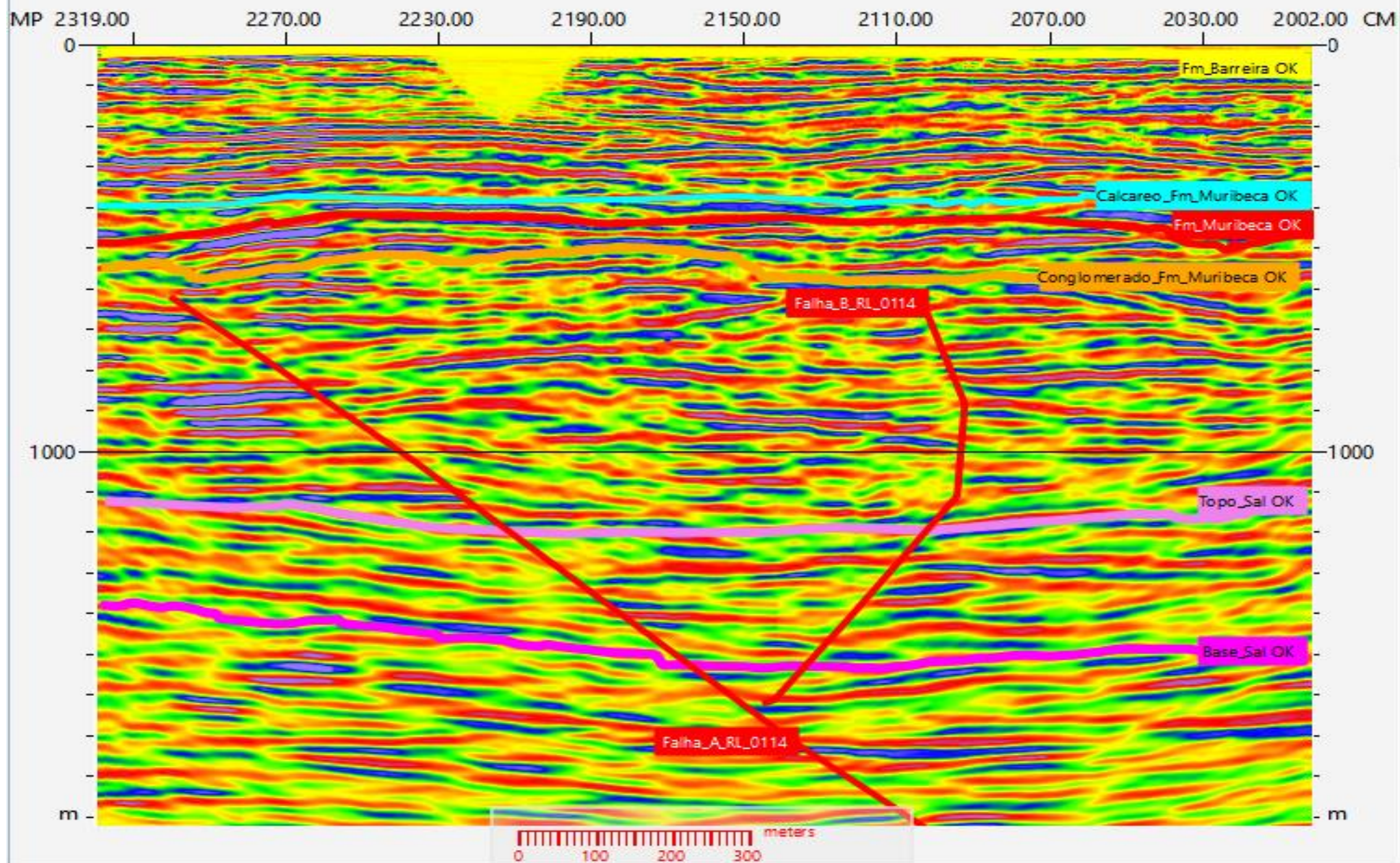
ES-0384-RL-0114-INVERSÃO PARA IMPEDÂNCIA ACÚSTICA -COM INTERPRETAÇÃO



ES-0384-RL-0114- INVERSÃO PARA IMP. ACÚSTICA
PALETA DE CORES PHASE2- SEM INTERPRETAÇÃO

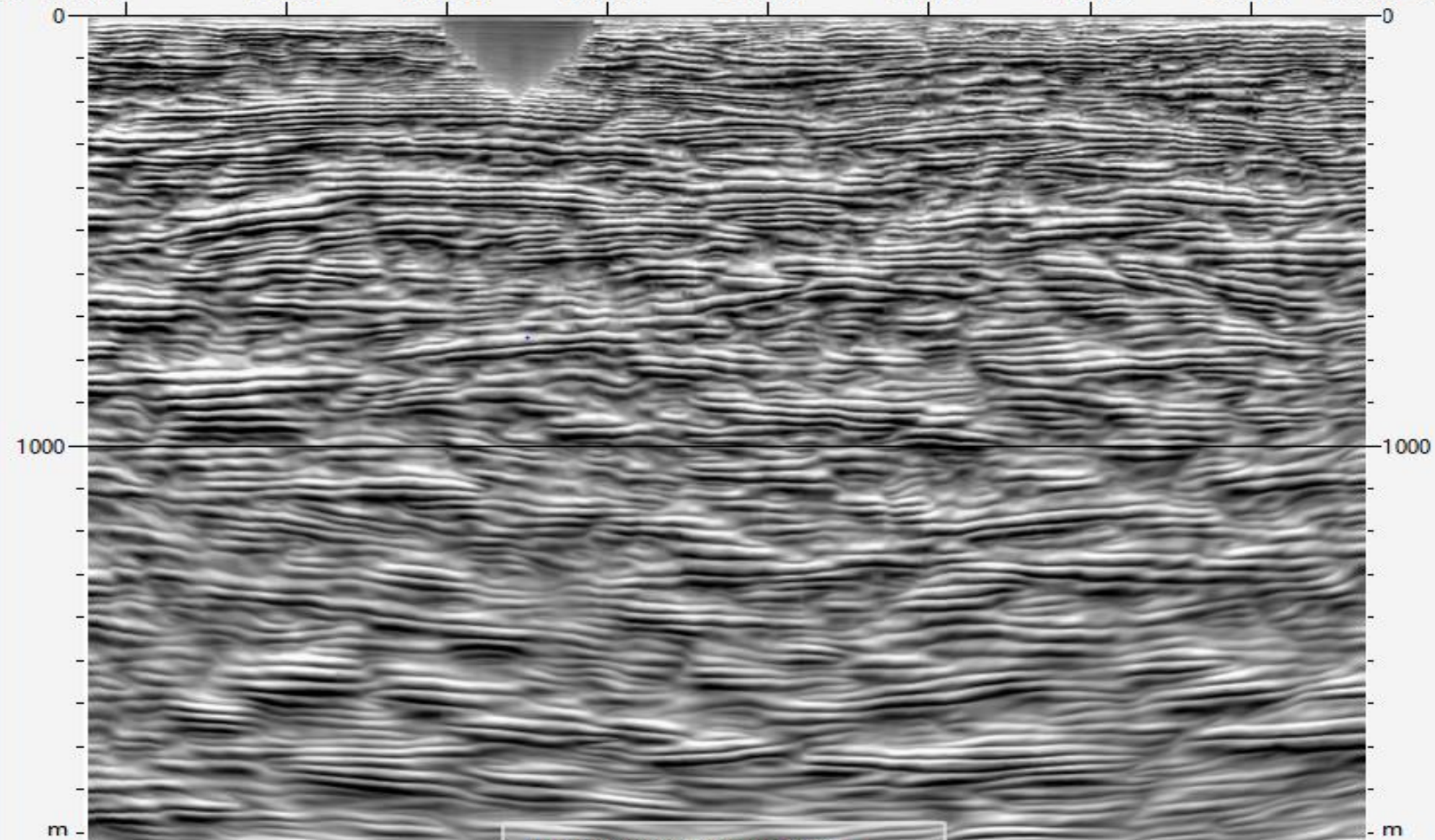


ES-0384-RL-0114- INVERSÃO PARA IMP. ACÚSTICA
PALETA DE CORES PHASE2- COM INTERPRETAÇÃO

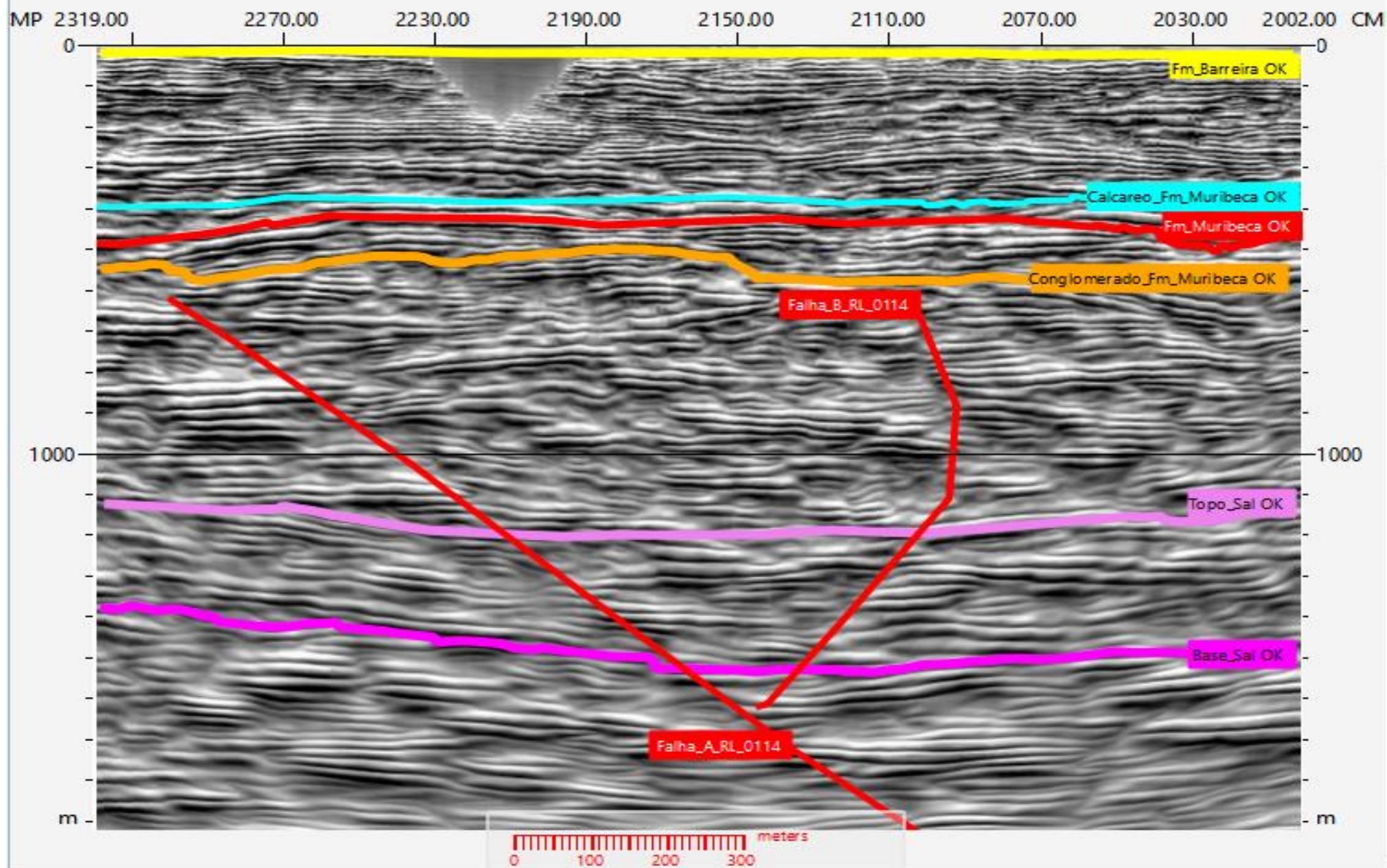


ES-0384-RL-0114-INVERSÃO PARA IMPEDÂNCIA
ACÚSTICA - VOL- AMP -SEM INTERPRETAÇÃO

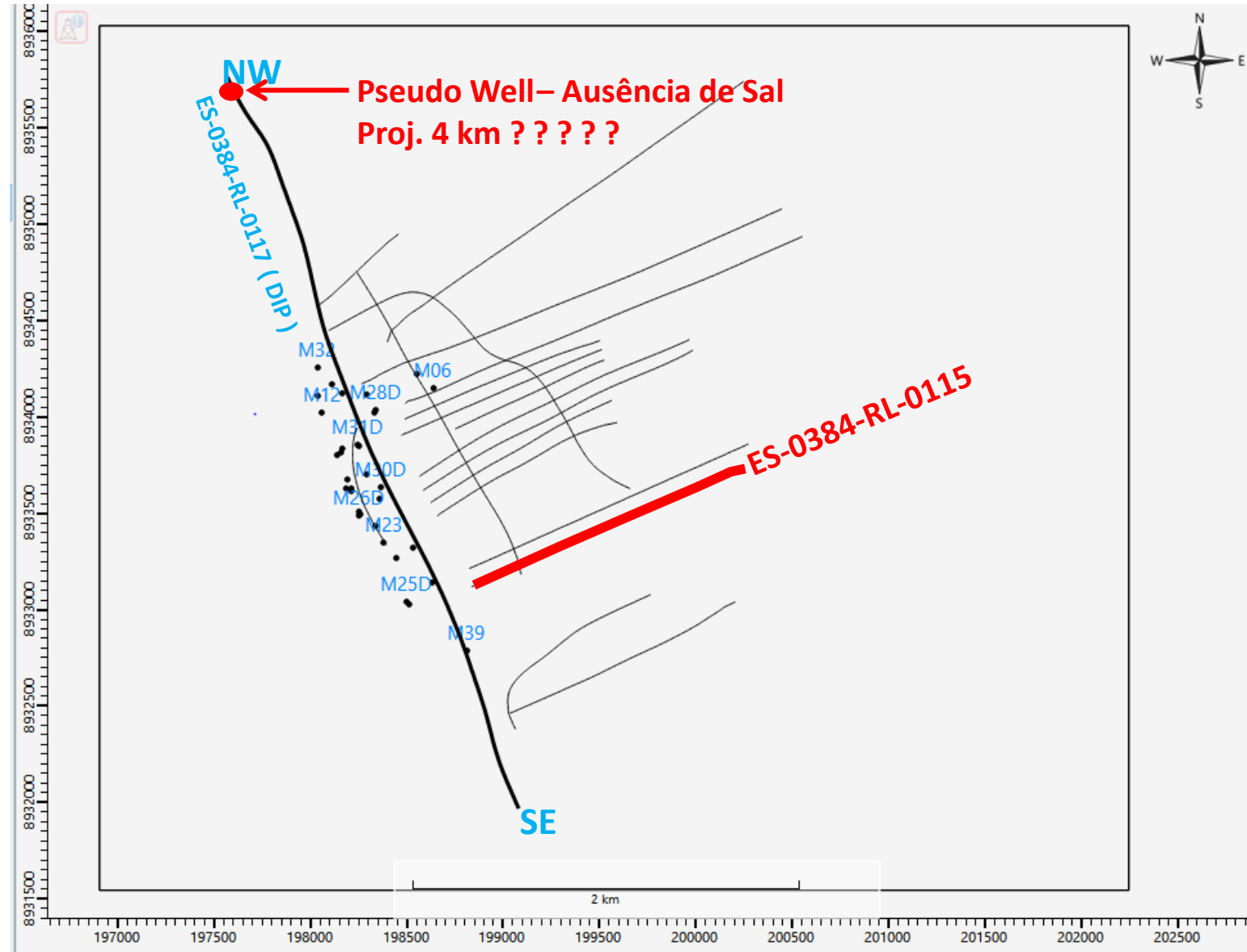
MP 2319.00 2270.00 2230.00 2190.00 2150.00 2110.00 2070.00 2030.00 2002.00 CM



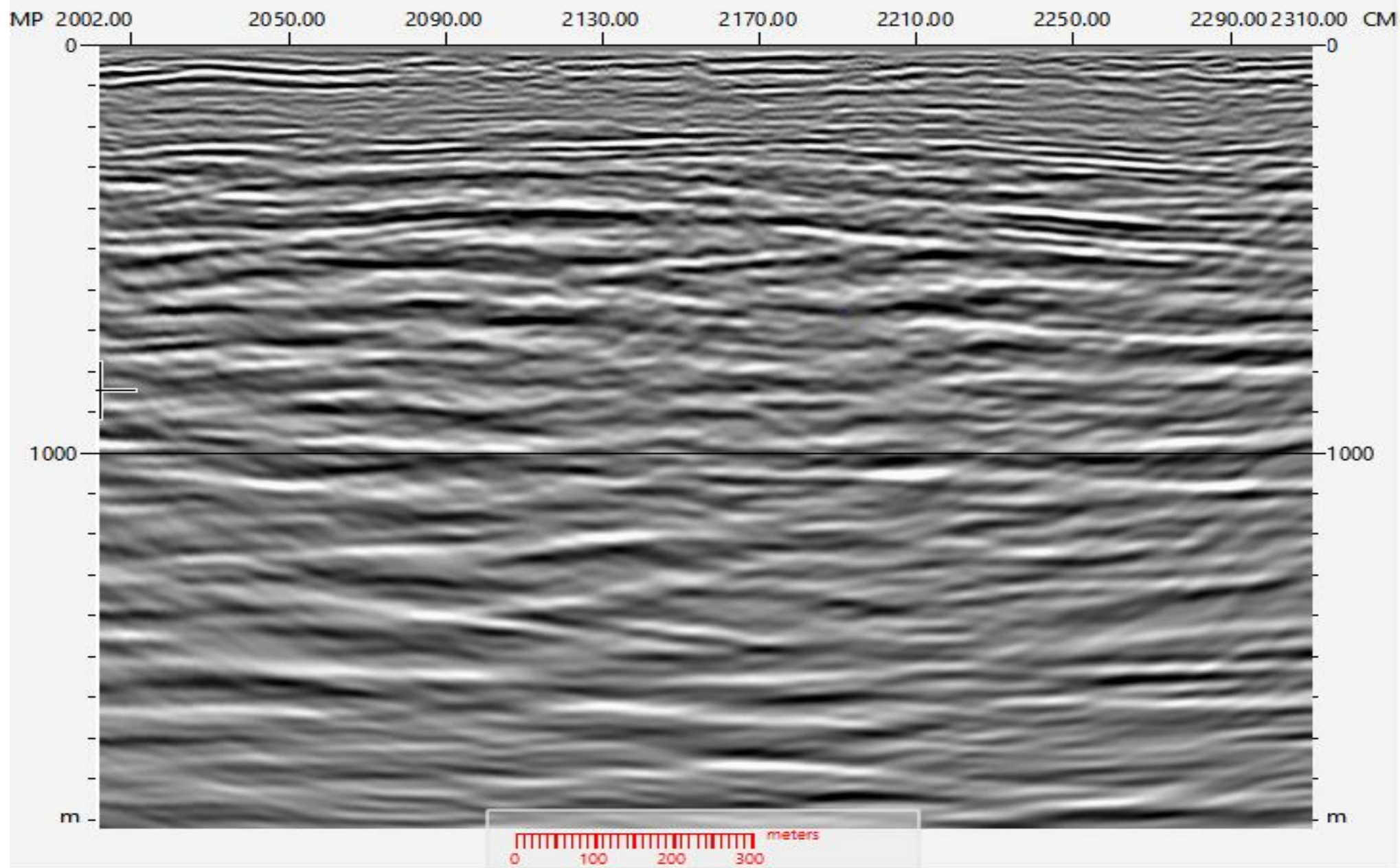
ES-0384-RL-0114-INVERSÃO PARA IMPEDÂNCIA
ACÚSTICA - VOL- AMP -COM INTERPRETAÇÃO



ES-0384-RL-0115

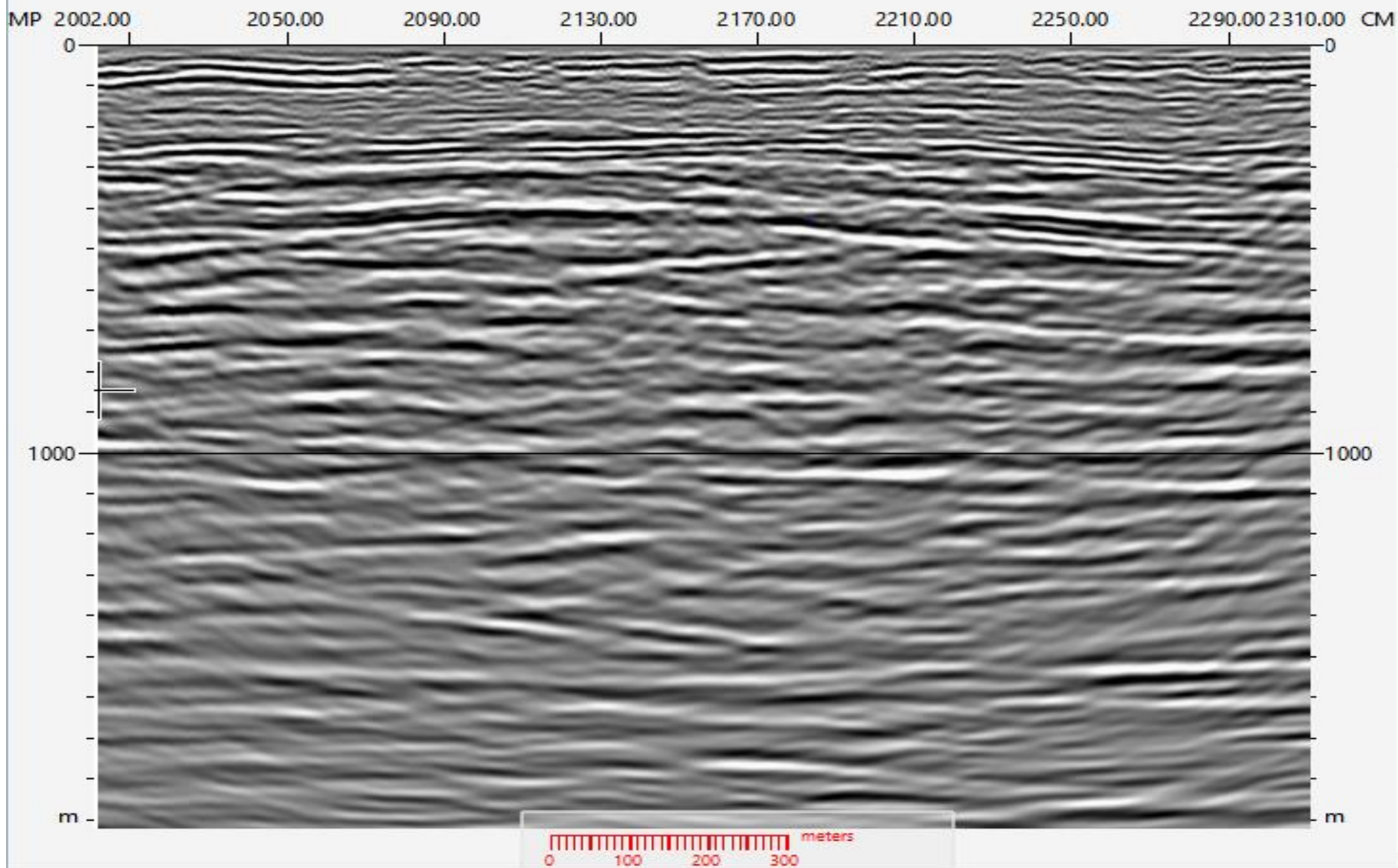


ES-0384-RL-0115-DADO RECEBIDO DO PROCESSAMENTO - SEM INTERPRETAÇÃO

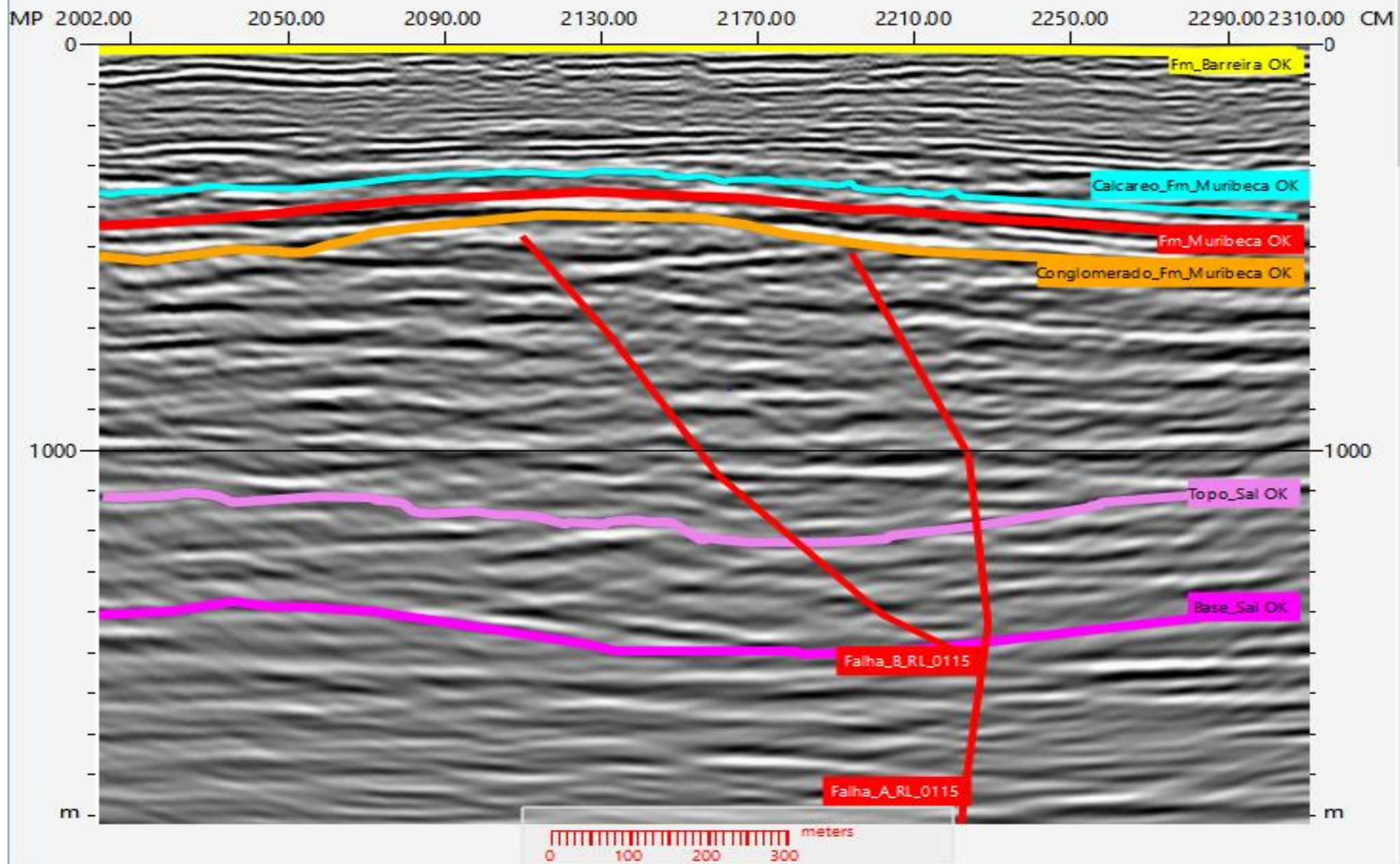




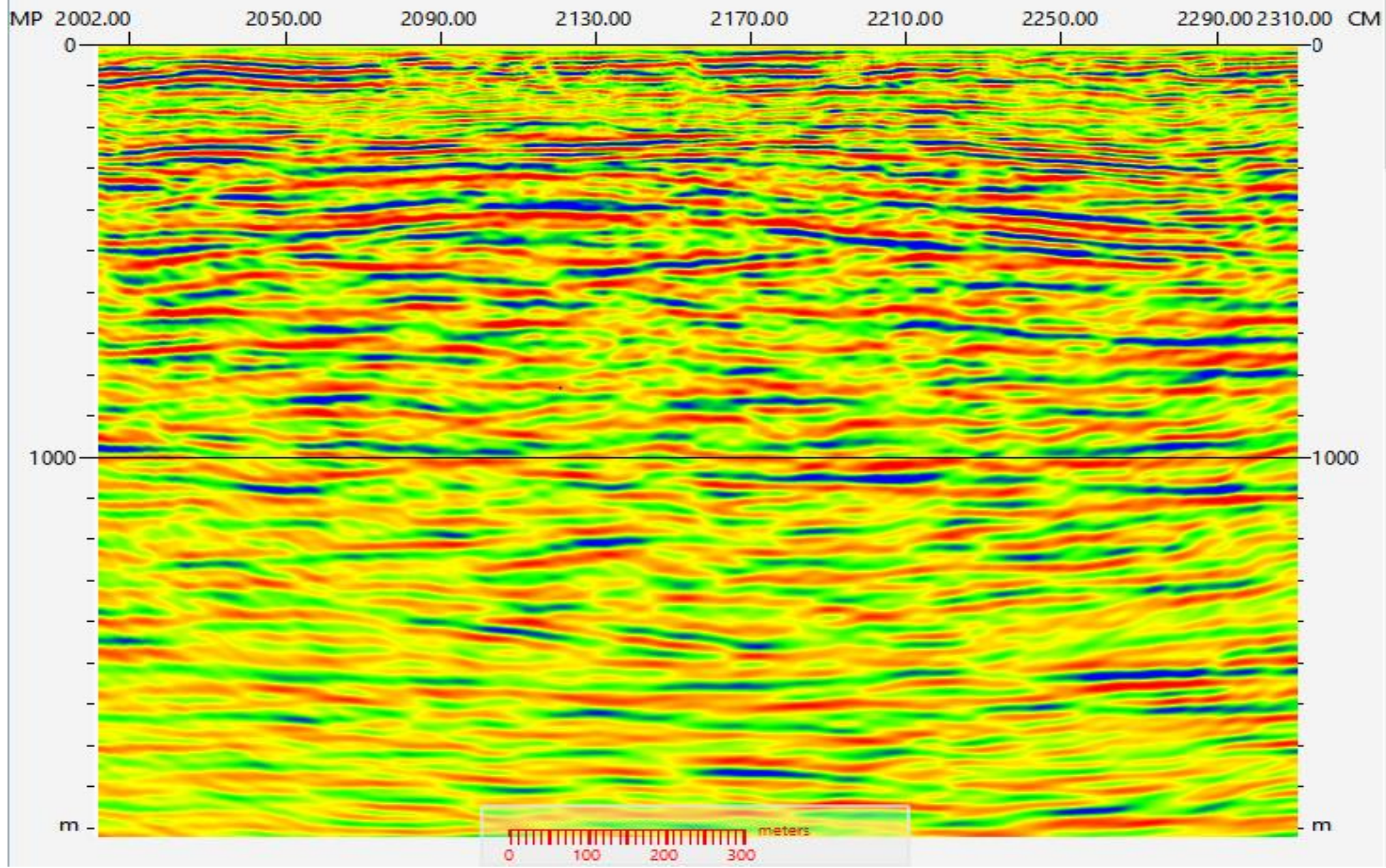
ES-0384-RL-0115-INVERSÃO PARA IMPEDÂNCIA ACÚSTICA -SEM INTERPRETAÇÃO



ES-0384-RL-0115-INVERSÃO PARA IMPEDÂNCIA ACÚSTICA -COM INTERPRETAÇÃO

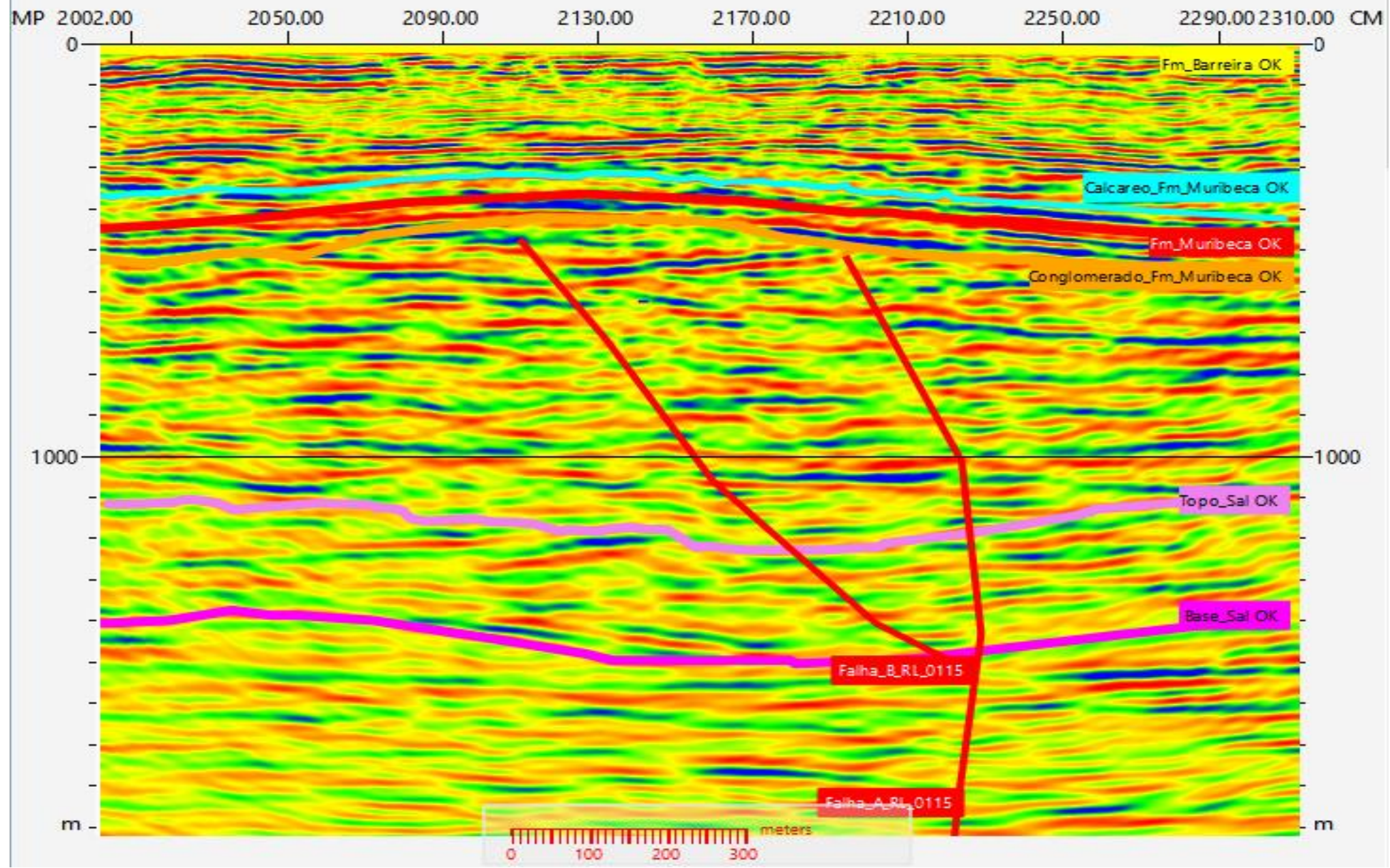


ES-0384-RL-0115- INVERSÃO PARA IMP. ACÚSTICA
PALETA DE CORES PHASE2- SEM INTERPRETAÇÃO

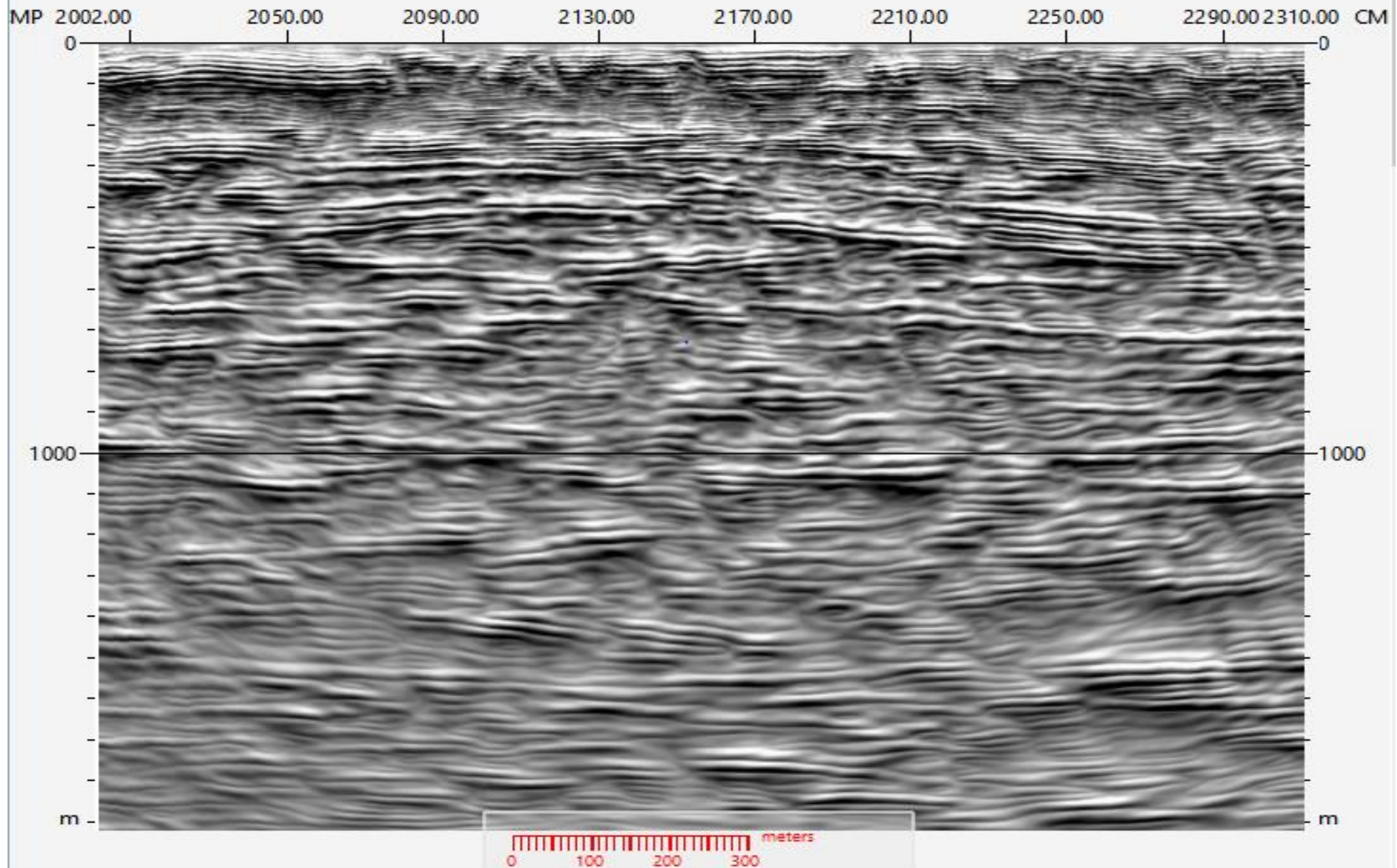




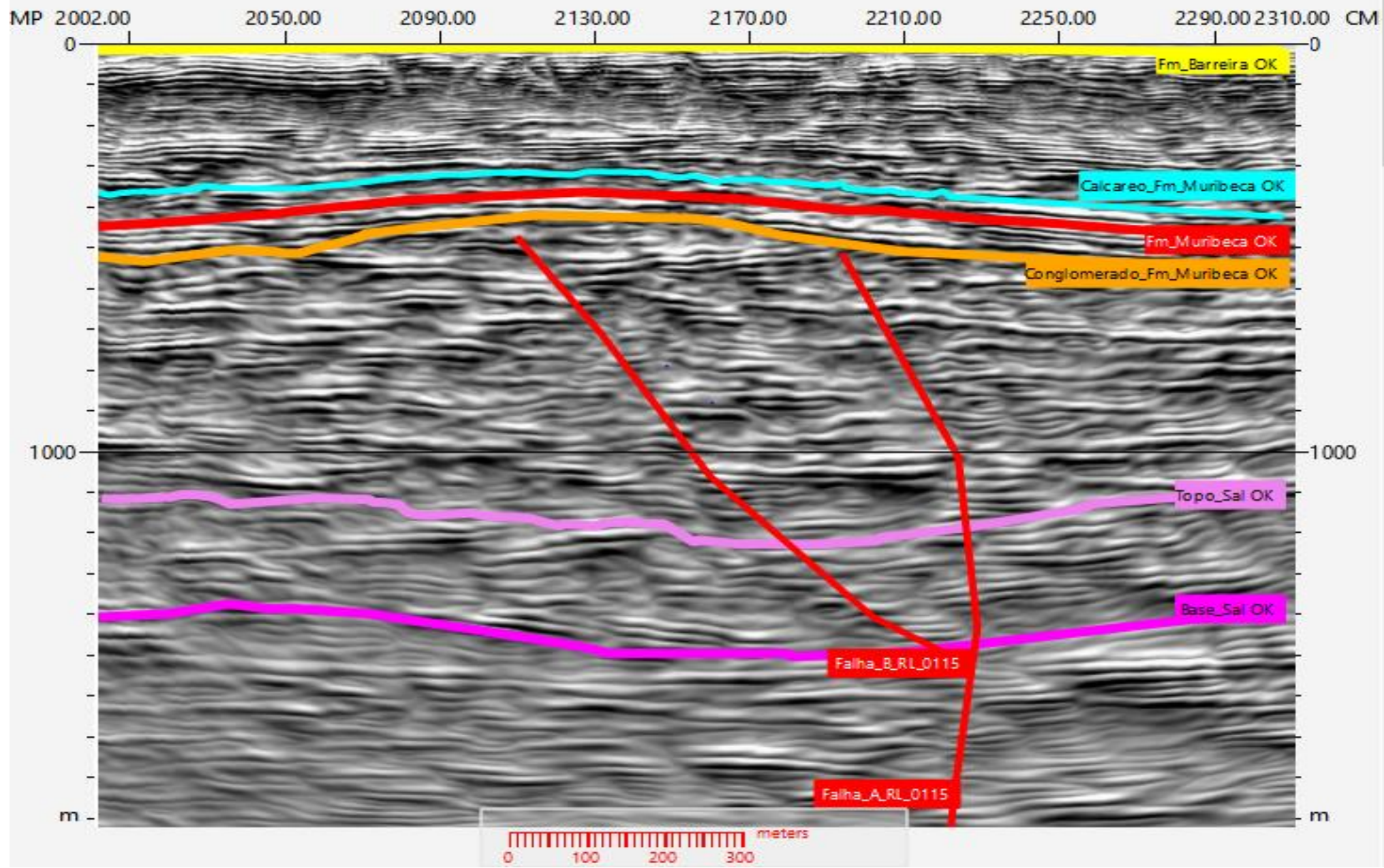
ES-0384-RL-0115- INVERSÃO PARA IMP. ACÚSTICA
PALETA DE CORES PHASE2- COM INTERPRETAÇÃO



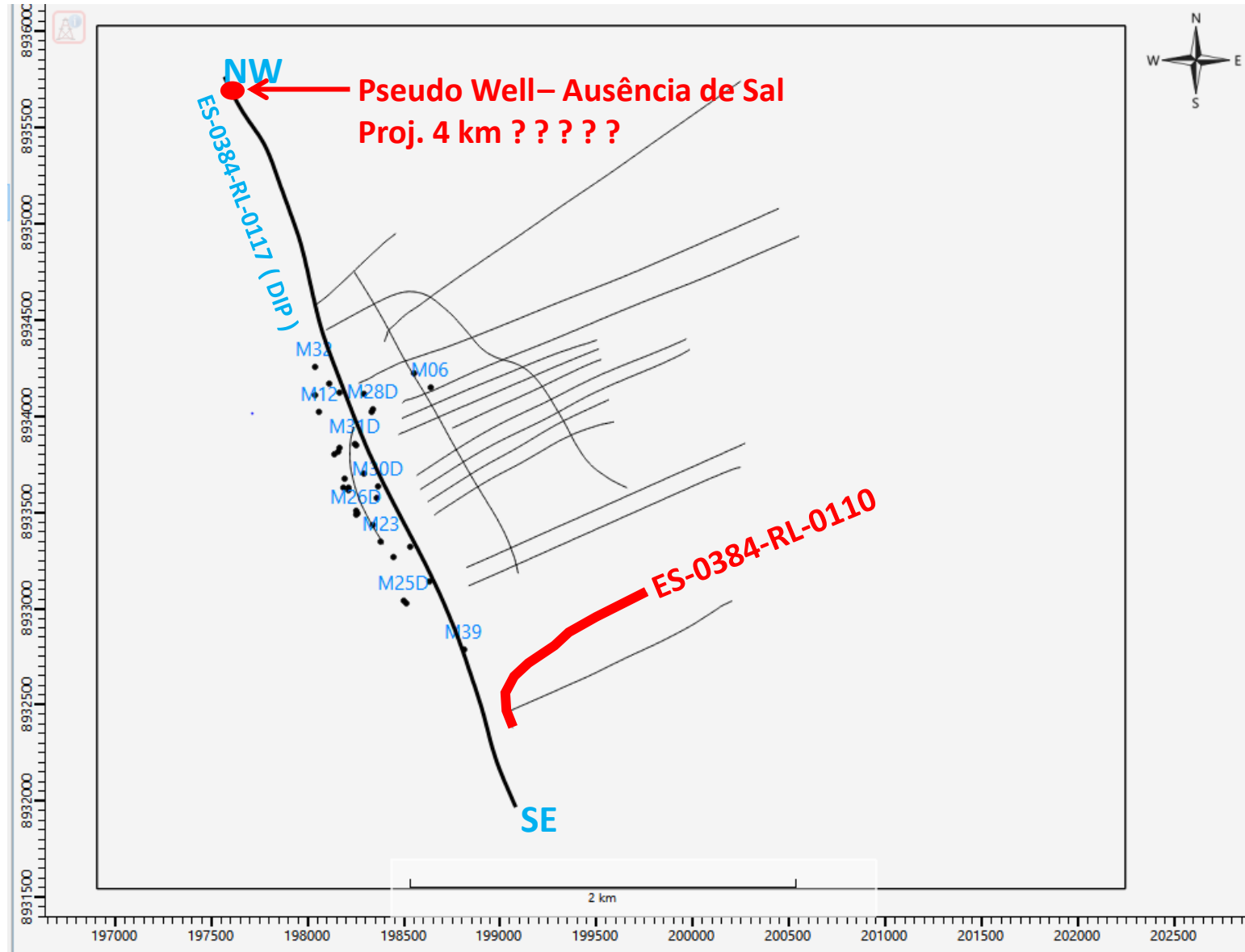
ES-0384-RL-0115-INVERSÃO PARA IMPEDÂNCIA
ACÚSTICA - VOL- AMP -SEM INTERPRETAÇÃO



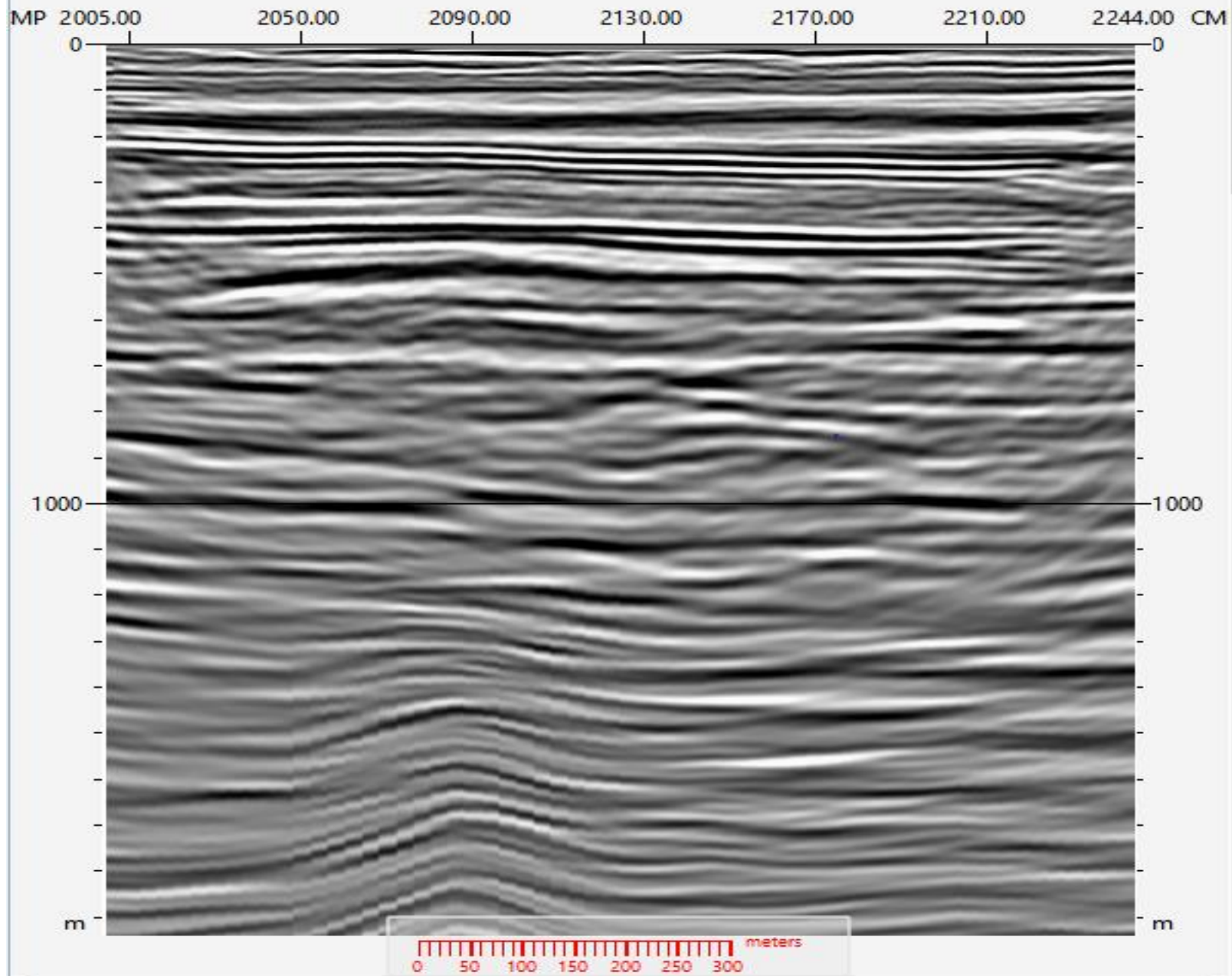
ES-0384-RL-0115-INVERSÃO PARA IMPEDÂNCIA
ACÚSTICA - VOL- AMP -COM INTERPRETAÇÃO



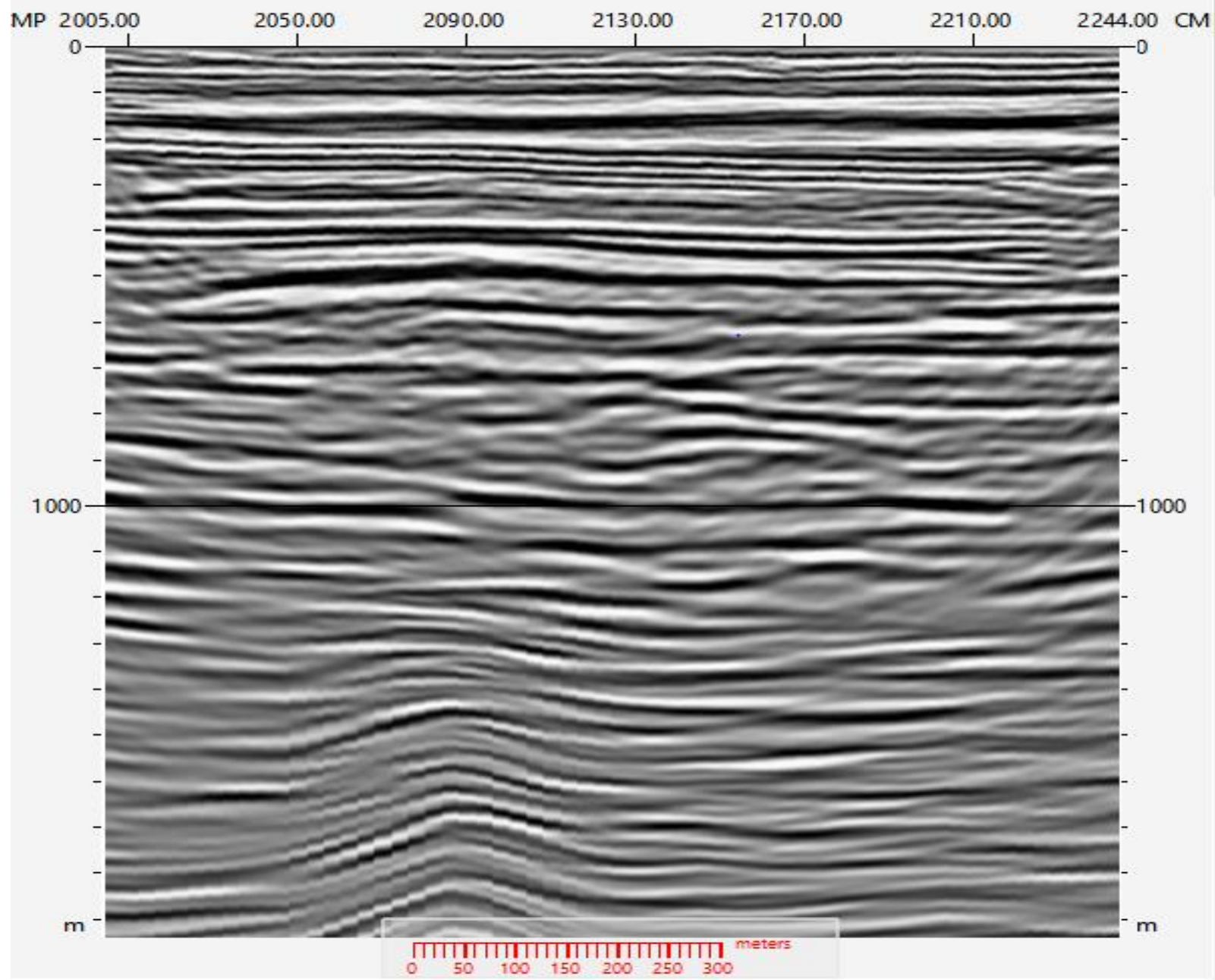
ES-0384-RL-0110



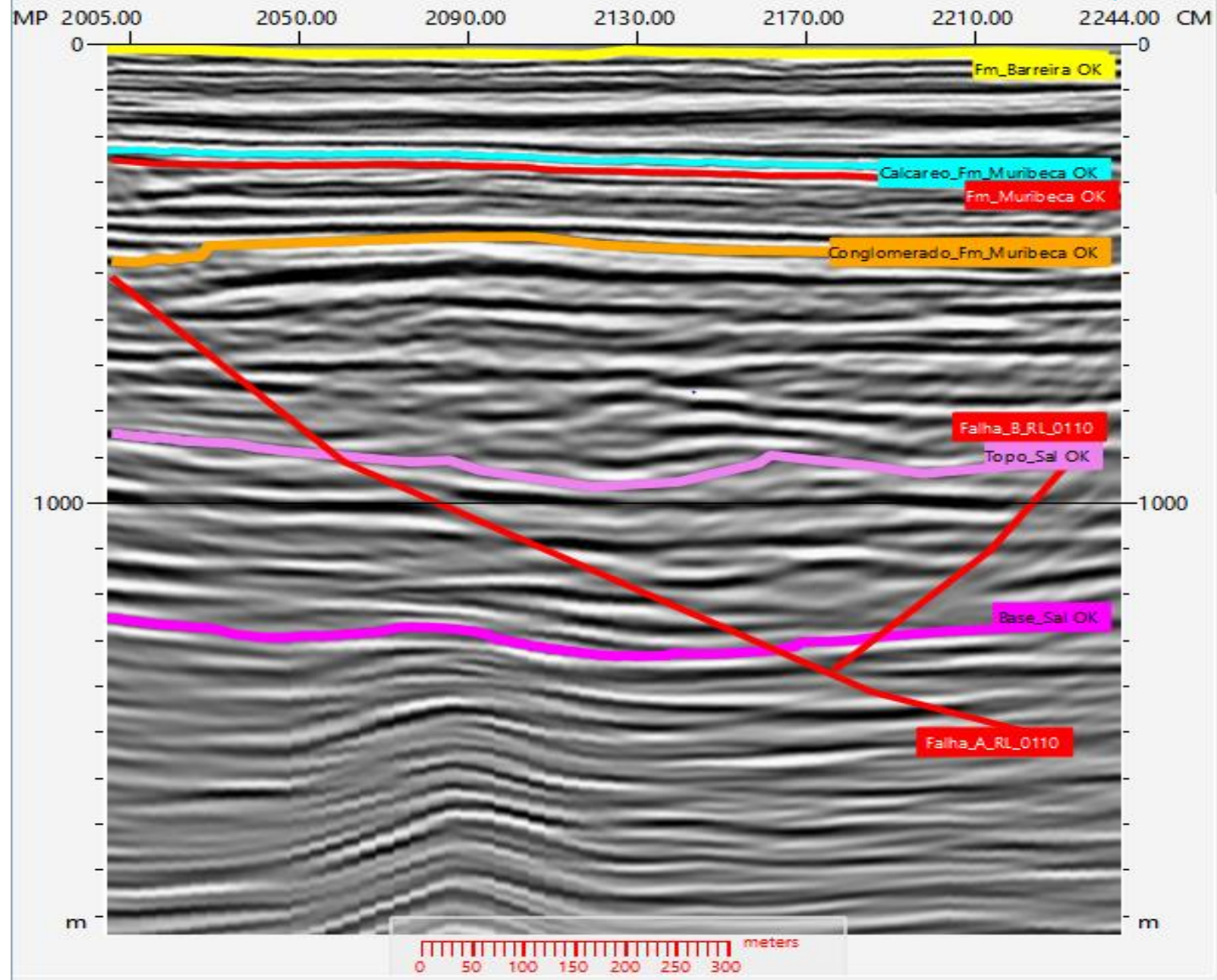
ES-0384-RL-0110-DADO RECEBIDO DO PROCESSAMENTO - SEM INTERPRETAÇÃO

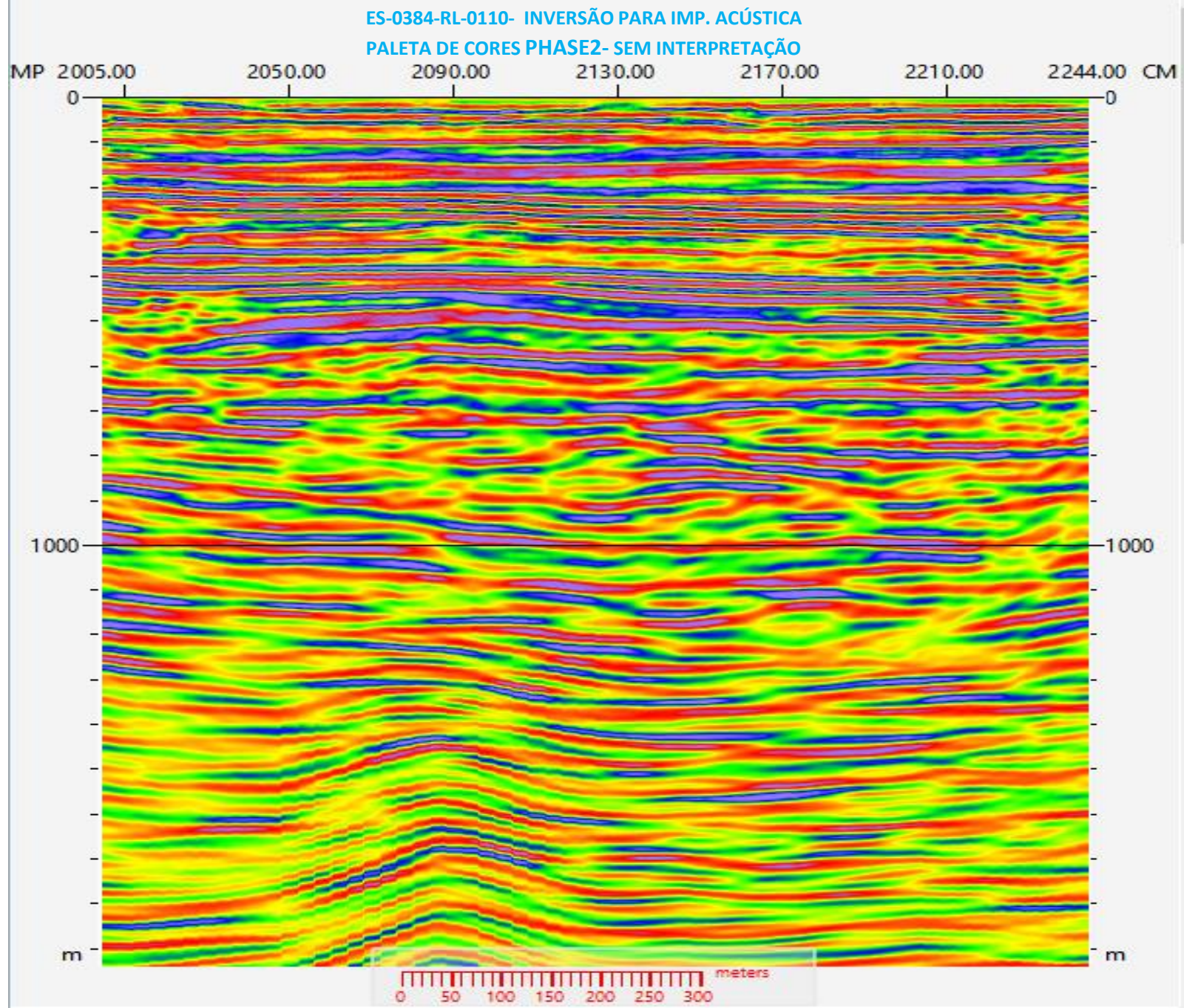


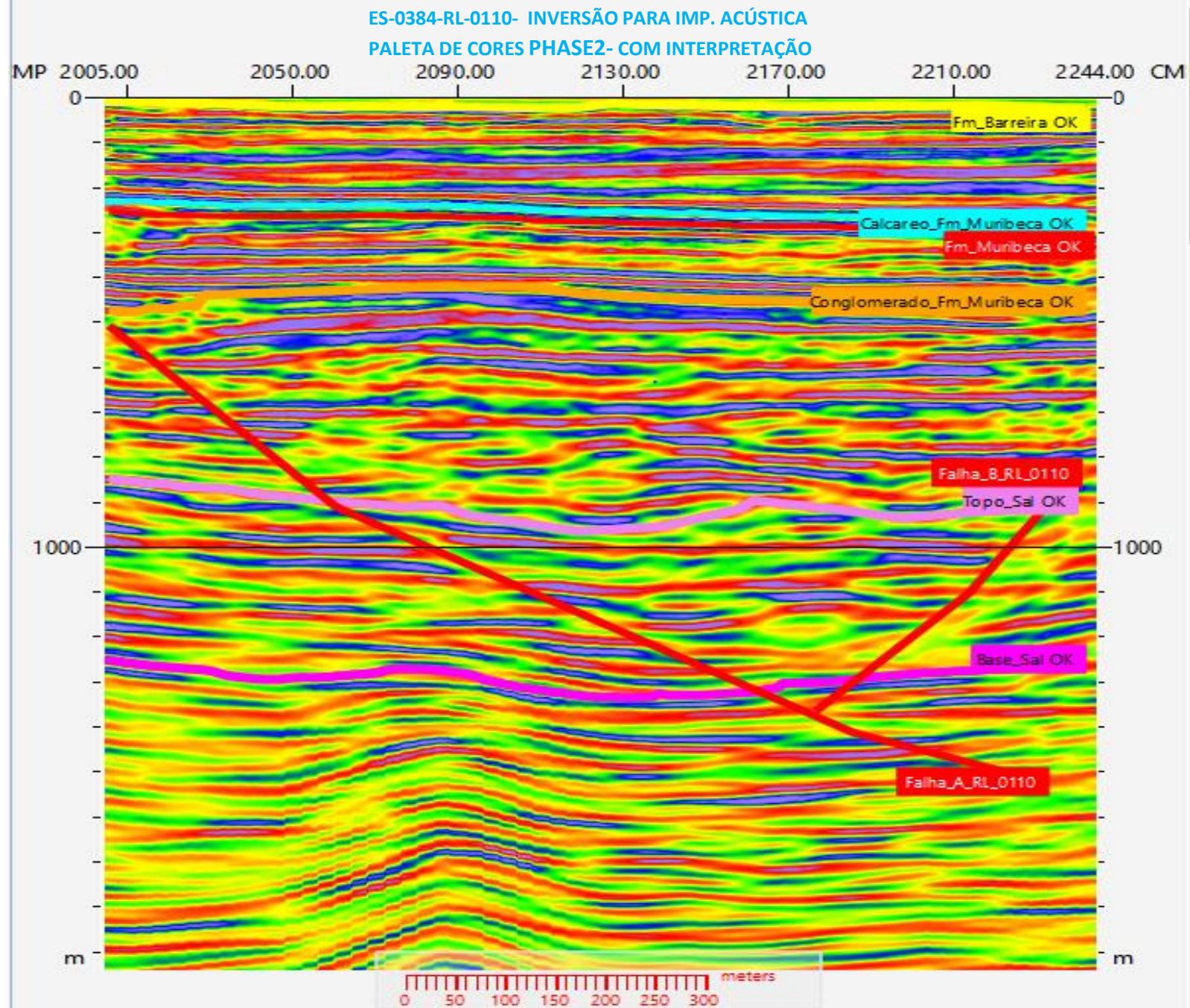
ES-0384-RL-0110-INVERSÃO PARA IMPEDÂNCIA ACÚSTICA -SEM INTERPRETAÇÃO



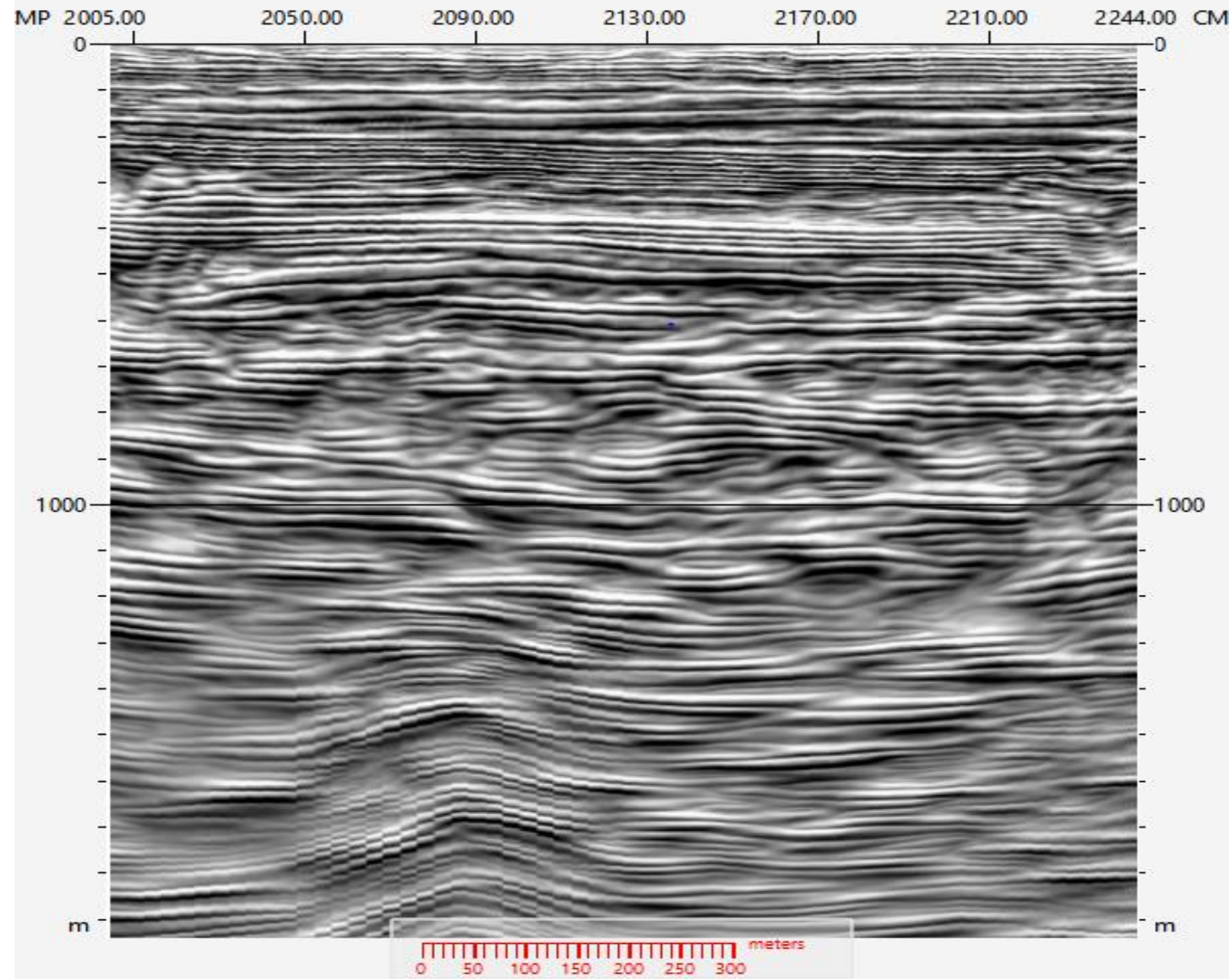
ES-0384-RL-0110-INVERSÃO PARA IMPEDÂNCIA ACÚSTICA -COM INTERPRETAÇÃO



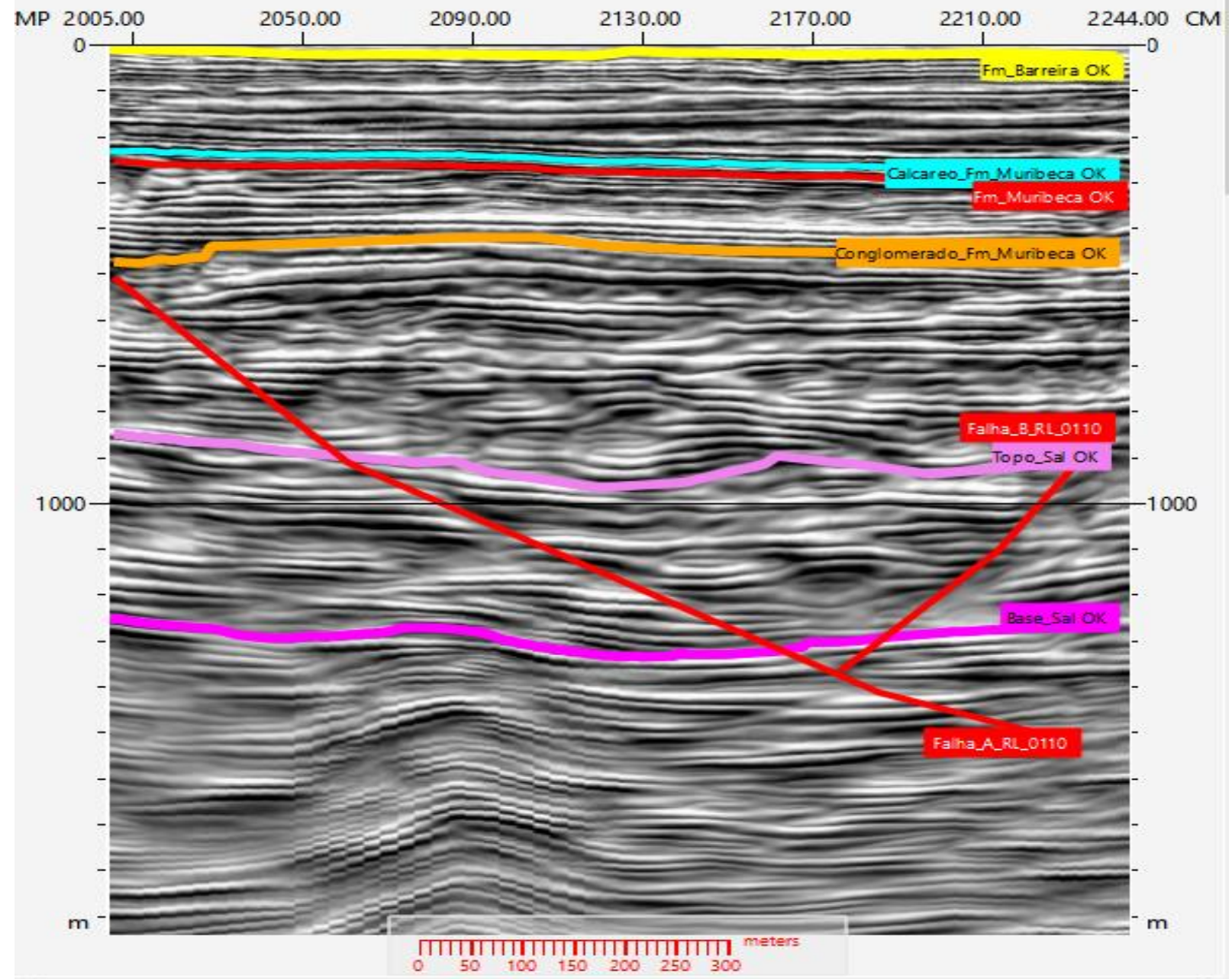




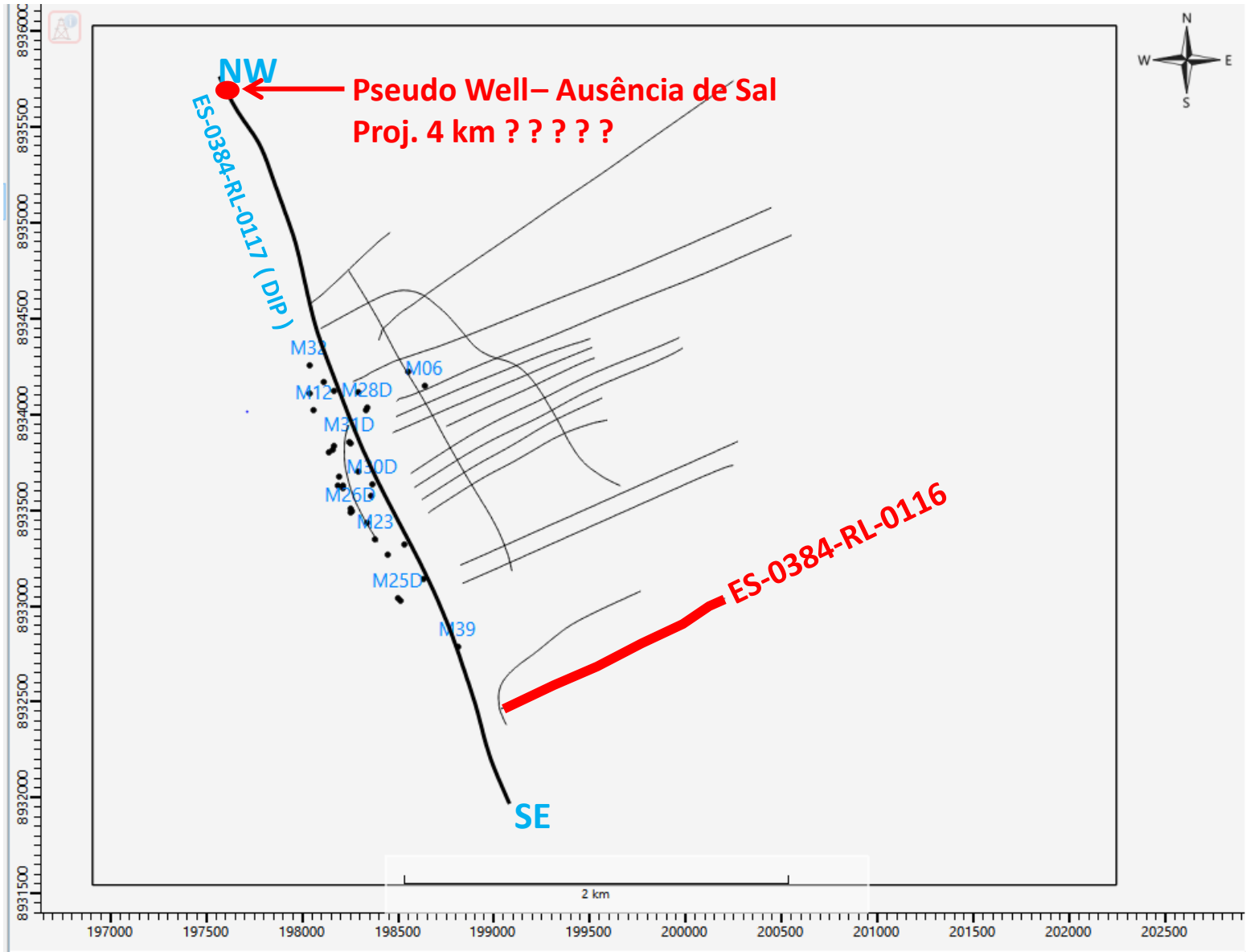
ES-0384-RL-0110-INVERSÃO PARA IMPEDÂNCIA
ACÚSTICA - VOL- AMP -SEM INTERPRETAÇÃO

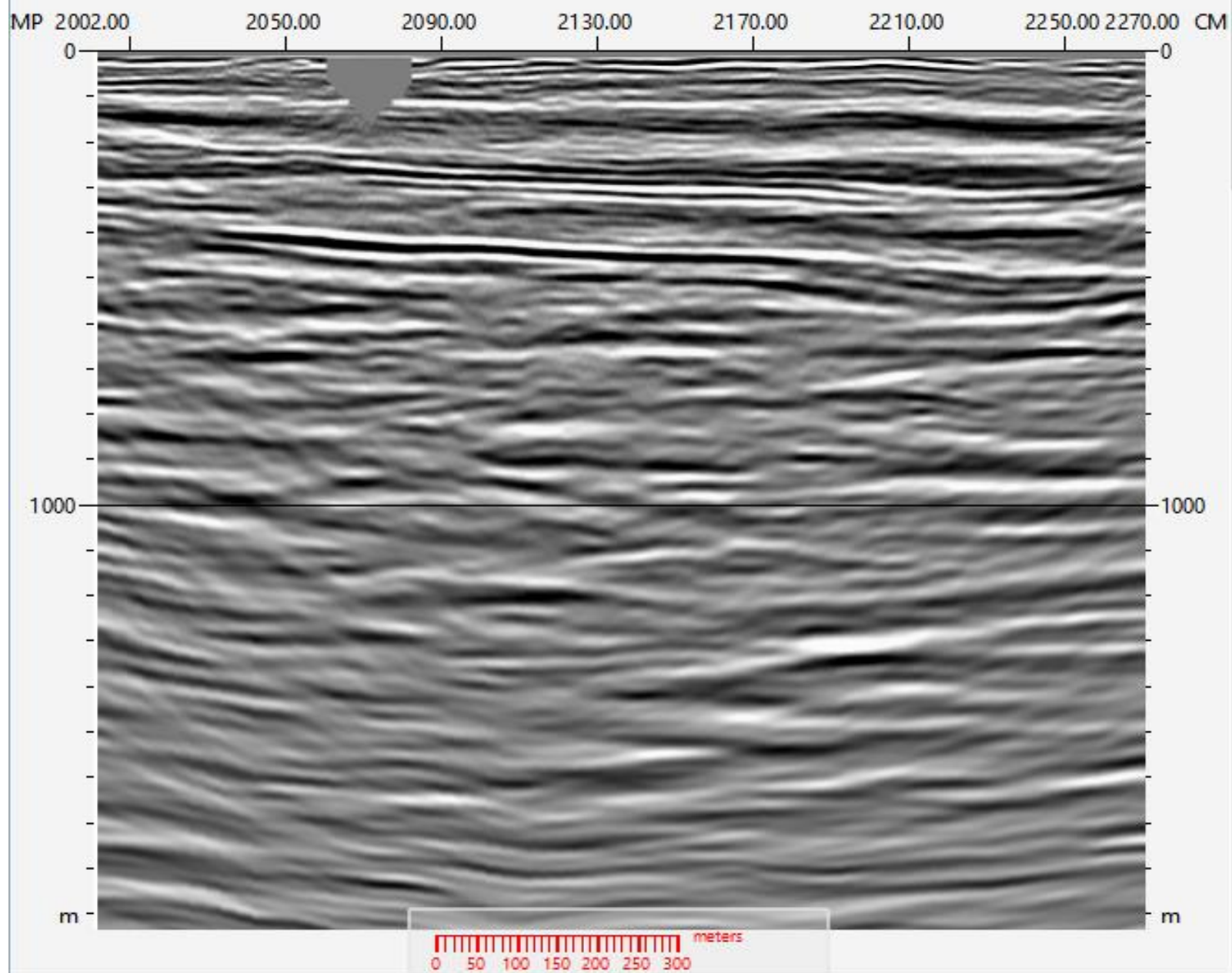


ES-0384-RL-0110-INVERSÃO PARA IMPEDÂNCIA
ACÚSTICA - VOL- AMP -COM INTERPRETAÇÃO

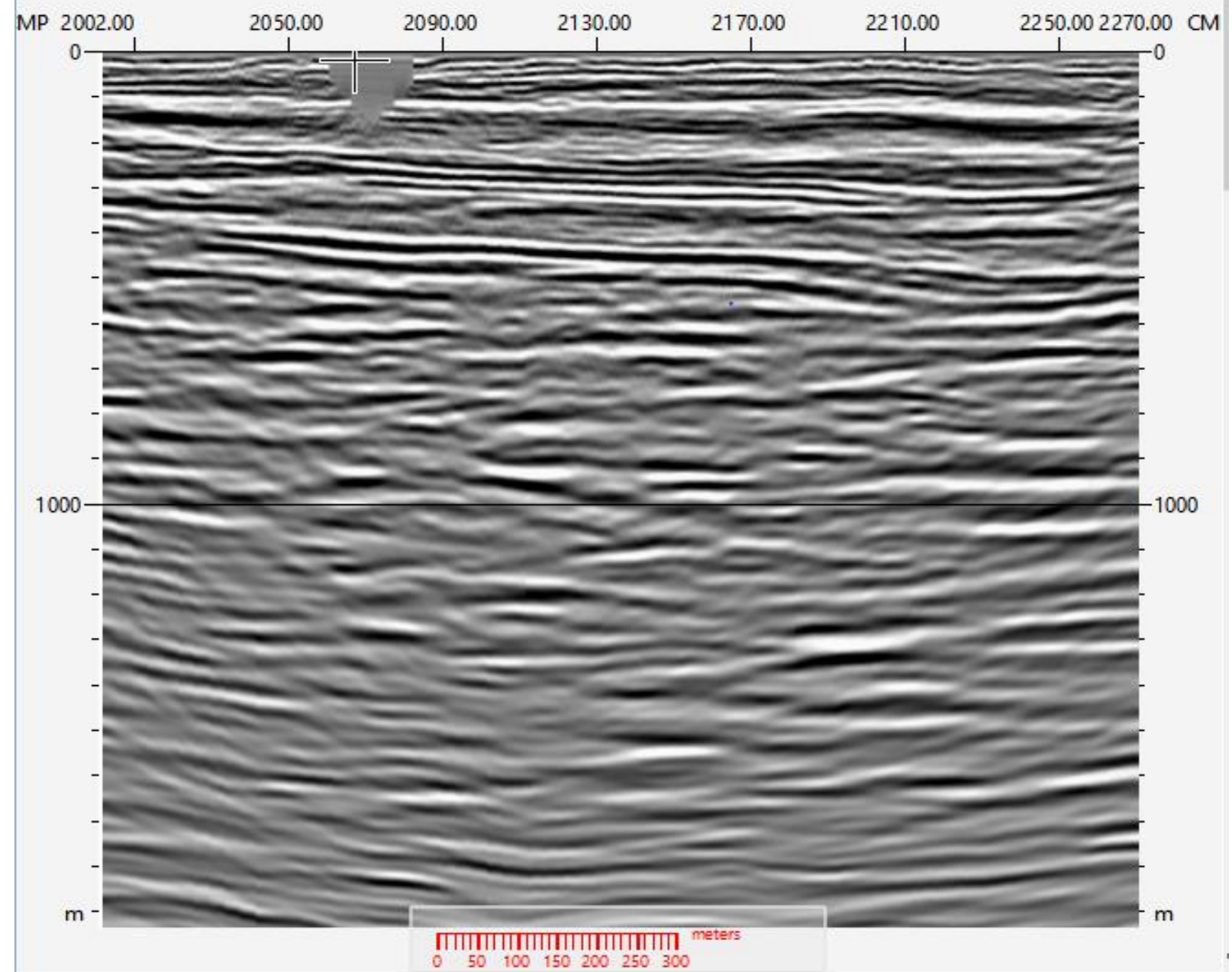


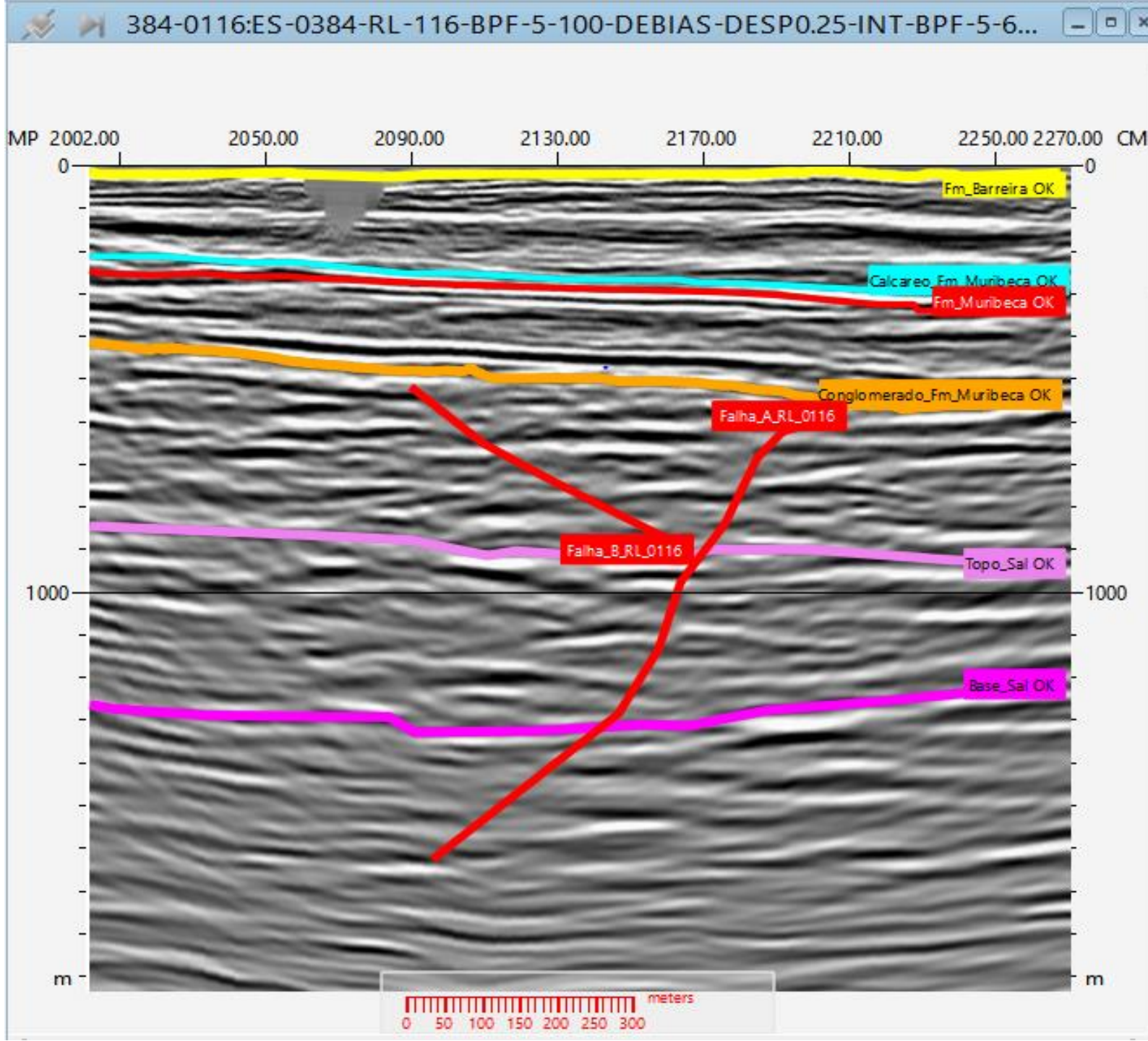
ES-0384-RL-0116



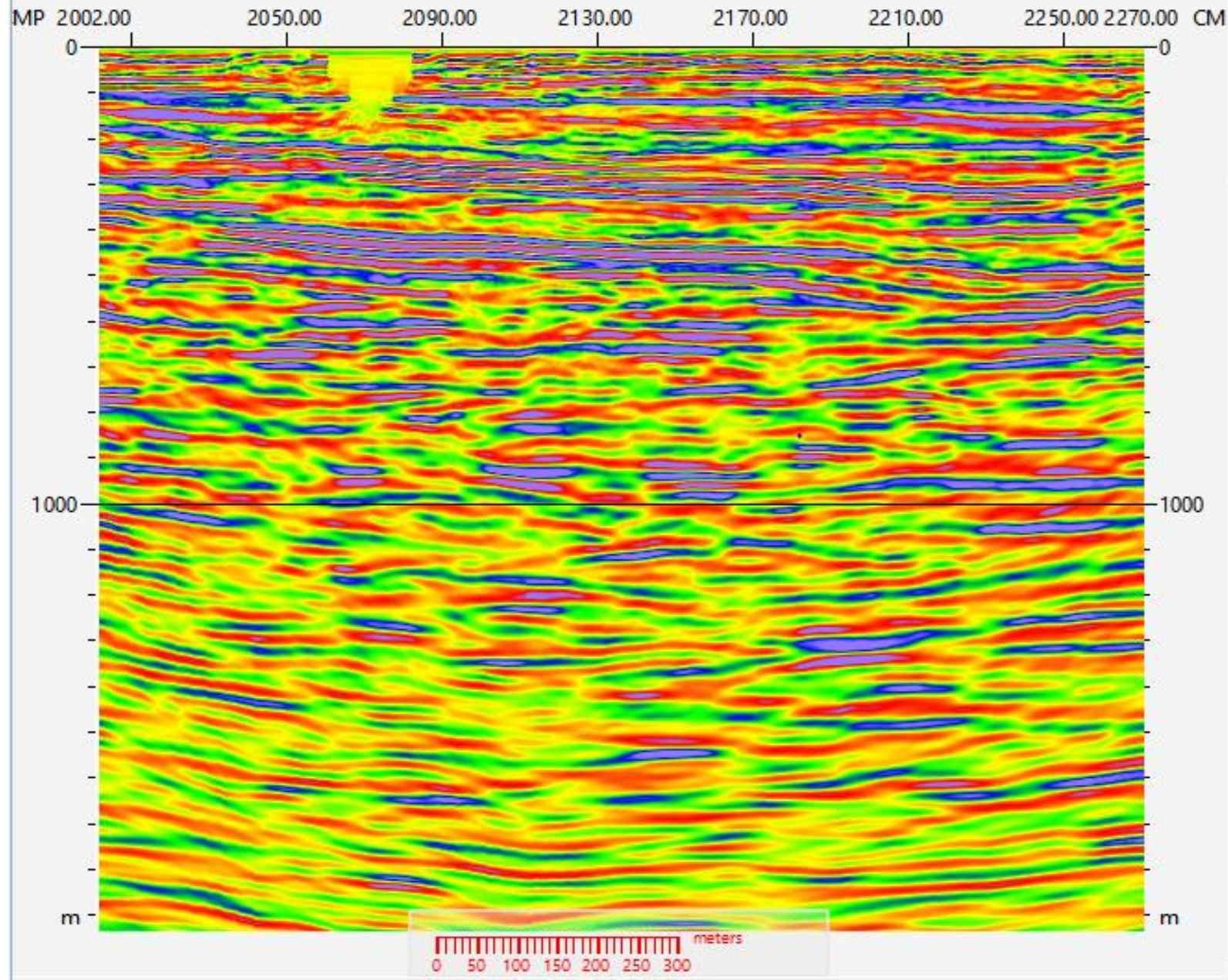


ES-0384-RL-0116-INVERSÃO PARA IMPEDÂNCIA ACÚSTICA -SEM INTERPRETAÇÃO

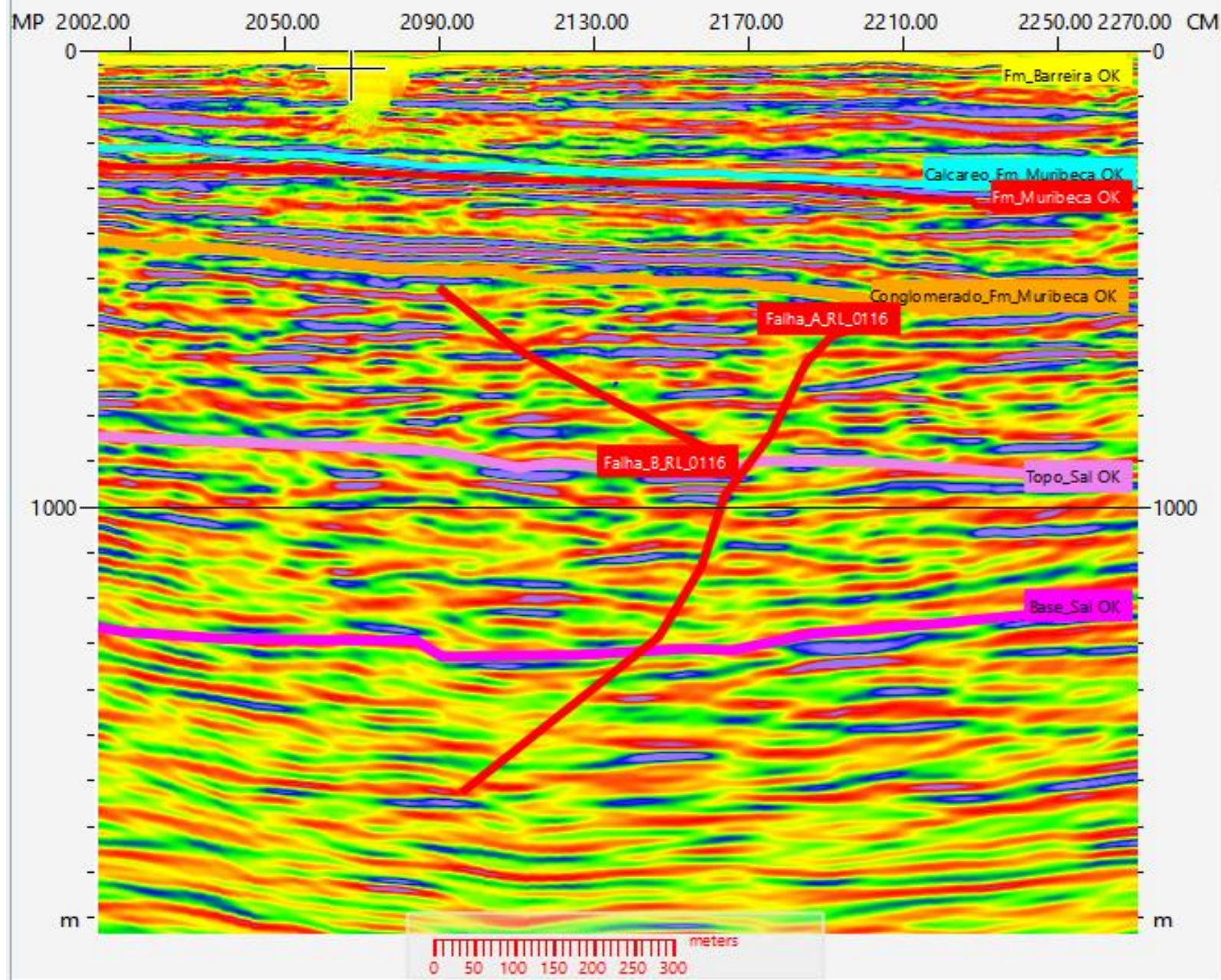




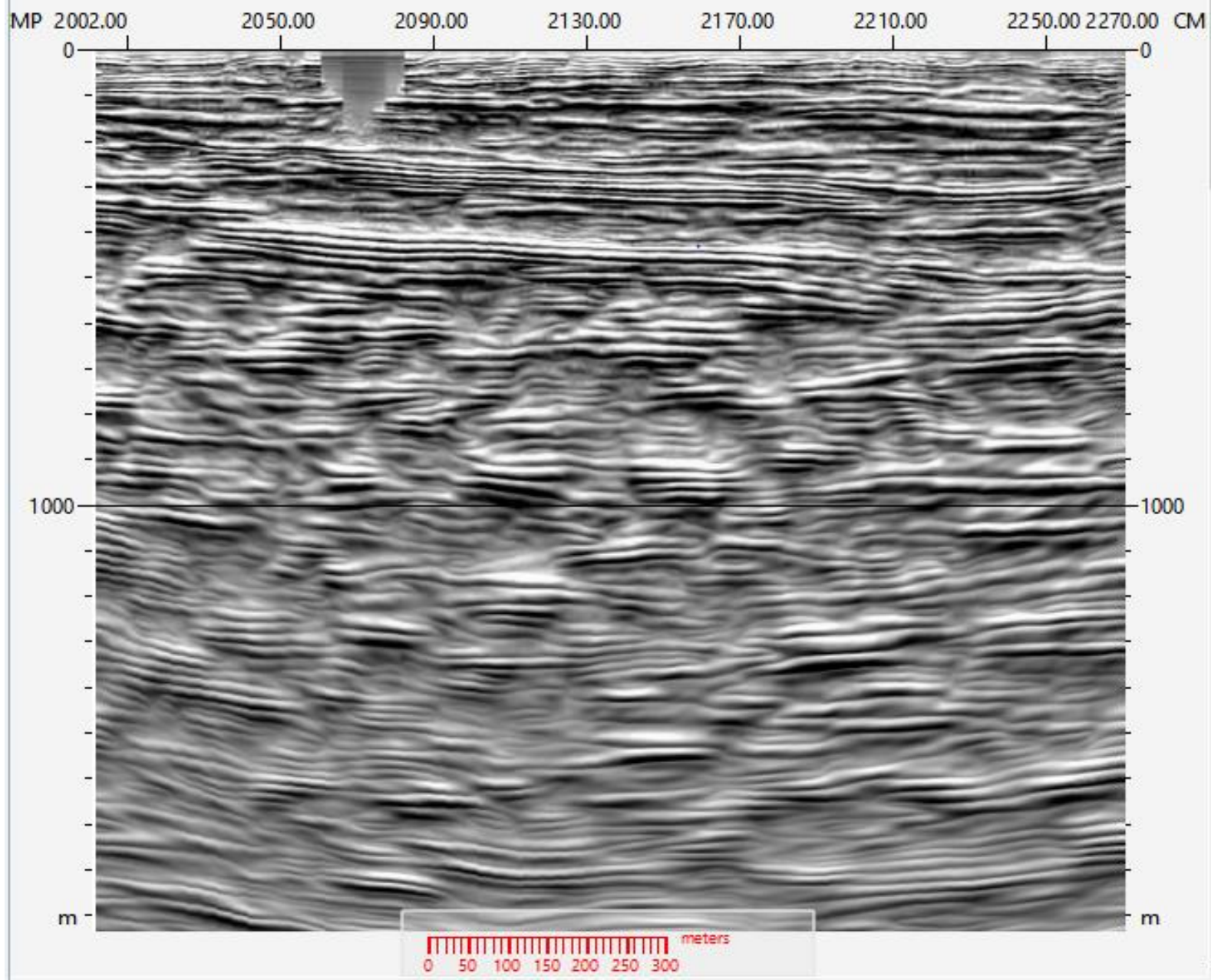
ES-0384-RL-0116- INVERSÃO PARA IMP. ACÚSTICA
PALETA DE CORES PHASE2- SEM INTERPRETAÇÃO



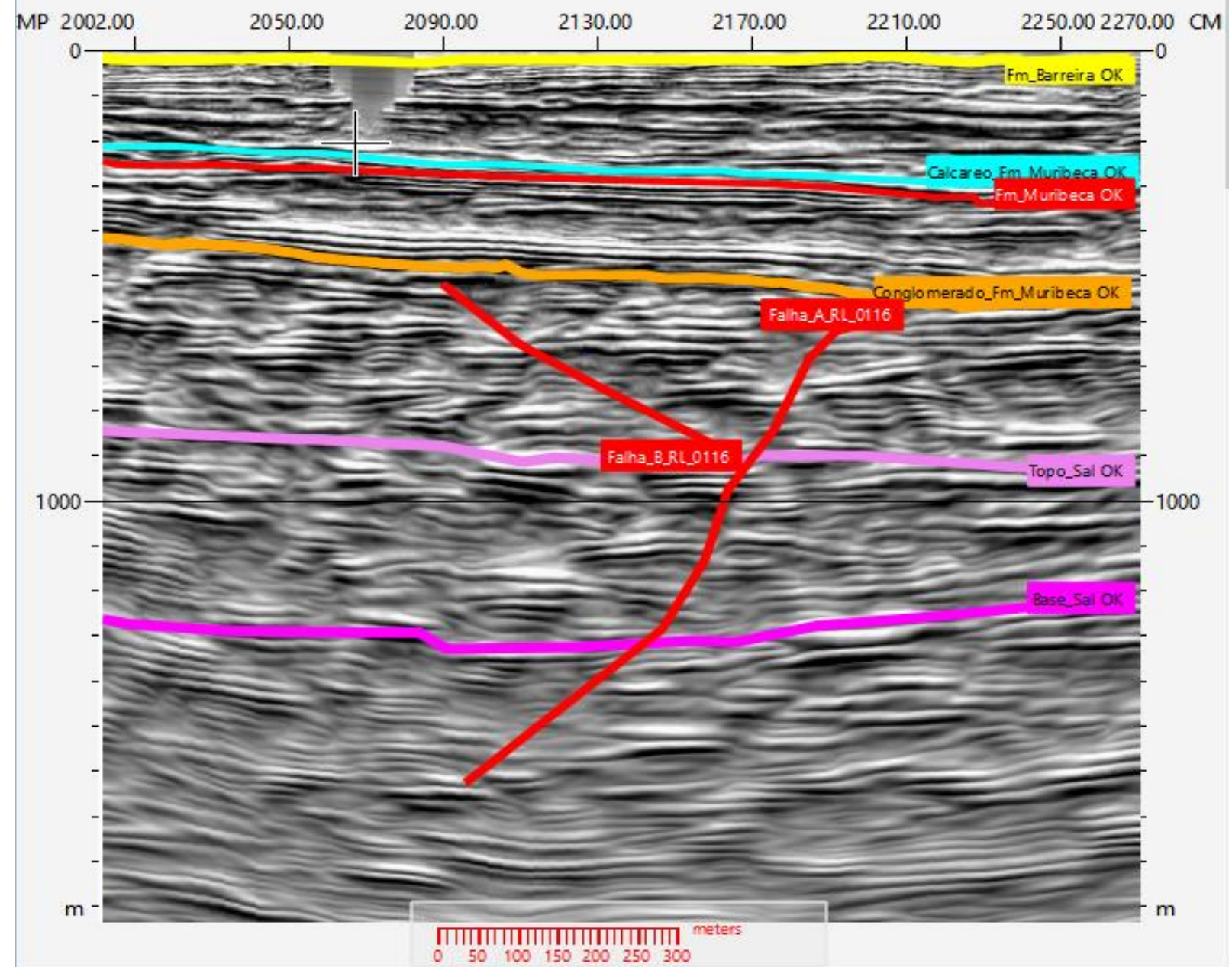
ES-0384-RL-0116- INVERSÃO PARA IMP. ACÚSTICA
PALETA DE CORES PHASE2- COM INTERPRETAÇÃO



ES-0384-RL-0116-INVERSÃO PARA IMPEDÂNCIA
ACÚSTICA - VOL- AMP -SEM INTERPRETAÇÃO



ES-0384-RL-0116-INVERSÃO PARA IMPEDÂNCIA
ACÚSTICA - VOL- AMP -COM INTERPRETAÇÃO



Considerações Finais do Relatório II

A linha sísmica da ES-0384, a RL- 0117 aqui apresentada em profundidade, é a linha mais longa de um conjunto de linhas adquiridas pela Braskem como mostrado no mapa de localização.

Esta linha na direção do mergulho regional da bacia (dip), atravessa a área de mineração. A outra linha DIP menor, e mais à Leste, é a RL-0111, as demais linhas são “strike”, com exceção da RL-0118, aproximadamente dip, muito pequena e de forma curva, bem próxima à parte central da RL-0117, do lado oeste desta.

O processamento foi feito pela CPGEO (Centro Potiguar de Geociências) e a conversão para profundidade na UFF.

A amarração realizada até agora levou em conta a profundidade das litologias nos poços, os dados sísmicos e as fácies sísmicas observadas.

Nos dados aqui apresentados foram testados e aplicados novos atributos sísmicos com o objetivo de melhorar a qualidade de imageamento das camadas geológicas (Formações), com destaque para uma sequência de atributos, adaptados ao Software da Paradigm, o que permitiu a inversão, Pós-Empilhamento dos dados sísmicos para impedância acústica, que é uma propriedade de camada geológica, diferentemente das amplitude sísmicas, que são propriedades de interface. Também foram utilizados atributos como Amplitude-Weighted Instantaneous Phase colorido e fluxo de atributos para geração do volume de amplitudes para melhor caracterização das estruturas geológicas, em alto relevo. Após o tratamento dos dados Sísmicos, foram realizadas as interpretações dos horizontes e falhas (As mais importantes).

Com os tratamentos Pós-Empilhamento supra-citados, houve uma melhora significativa da qualidade dos dados sísmicos, quando comparado com os dados recebidos com o processamento da CPGEO.

Cabe considerar, que um novo reproprocessamento dos dados existentes, considerando a aplicação de novos processos para incrementar a razão sinal-ruído e agregando informações oriundas das propriedades dos poços, pode melhorar a qualidade dos dados sísmicos, assim como a geração de um modelo de velocidades calibrado com os vários poços da área.

Etapa 7.1 – Interpretação Conjugada Sísmica - Gravimetria

7.1.1 - Introdução

A estrutura gravimétrica mais relevante verificada na área de estudo corresponde à anomalia gravimétrica do Mutange que se caracteriza por um lineamento de valores positivos fortemente alinhados na direção NW-SE (tracejado branco na Figura 1). As demais anomalias observadas na área são muito fracas e, portanto, mascaradas pelo *trend* regional gravimétrico que se eleva de oeste para leste.

O foco dessa análise, portanto, se concentrou no significado geológico da anomalia gravimétrica do Mutange. Interpretações dessa anomalia já foram realizadas por nossa equipe e pela CPRM sem vínculos sísmicos e mesmo com a utilização de alguma informação *apriori*, obtida dos poços, apresentam ainda um elevado nível de ambiguidade.

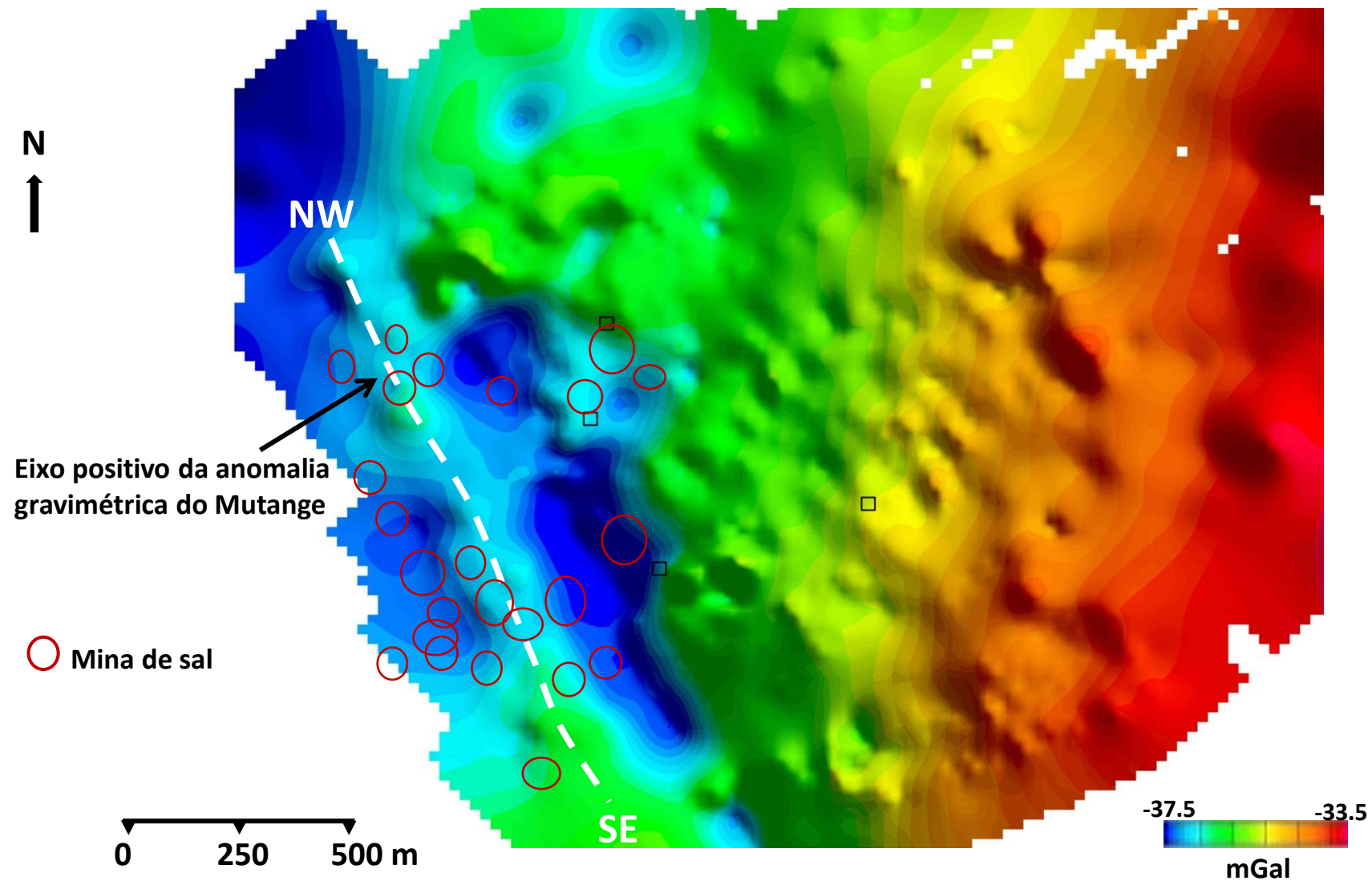


Figura 1 - Mapa da anomalia de gravidade Bouguer na área alvo (levantamento executado pela CPRM, 2019)

7.1.2 - Discussão

A Figura 2 mostra o mapa da primeira derivada vertical da anomalia Bouguer da área alvo que, ao eliminar o *trend* regional, enfatiza lineamentos possivelmente associados a segmentos de falhas regionais da fase rifte. Com exceção do lineamento NW-SE (a anomalia do Mutange) os demais lineamentos de direção NE-SW estão precariamente definidos pela gravimetria. Deve-se lembrar, no entanto, que essas estruturas podem estar associadas a feições locais mais rasas, uma vez que a derivada tende a filtrar anomalias de fontes mais profundas

Comparando esses lineamentos gravimétricos com a sísmica (descrita nos itens 6.1 e 6.2) em busca de possíveis associações com as falhas normais do rifte interpretadas por essa última, não pode-se verificar uma clara correlação entre os mesmos. Nesse sentido, é possível que as falhas normais (de direção NE-SW) que se destacam na interpretação sísmica (predominantemente sintéticas com mergulhos para o quadrante SE ou para Sul) apresentem parca expressão gravimétrica (sendo apenas sugeridas pelos fracos lineamentos descritos acima), ao passo que a anomalia do Mutange (encontrada na direção transversal) apresenta uma expressão gravimétrica bem mais significativa.

Infelizmente, o levantamento sísmico não apresenta uma seção *strike* cortando a anomalia do Mutange. A seção disponível sobre ela (S-0384-RL-0117) é *dip*, isto é, paralela ao seu eixo, impossibilitando, portanto, uma interpretação adequada da estrutura geradora dessa conspícua anomalia gravimétrica.

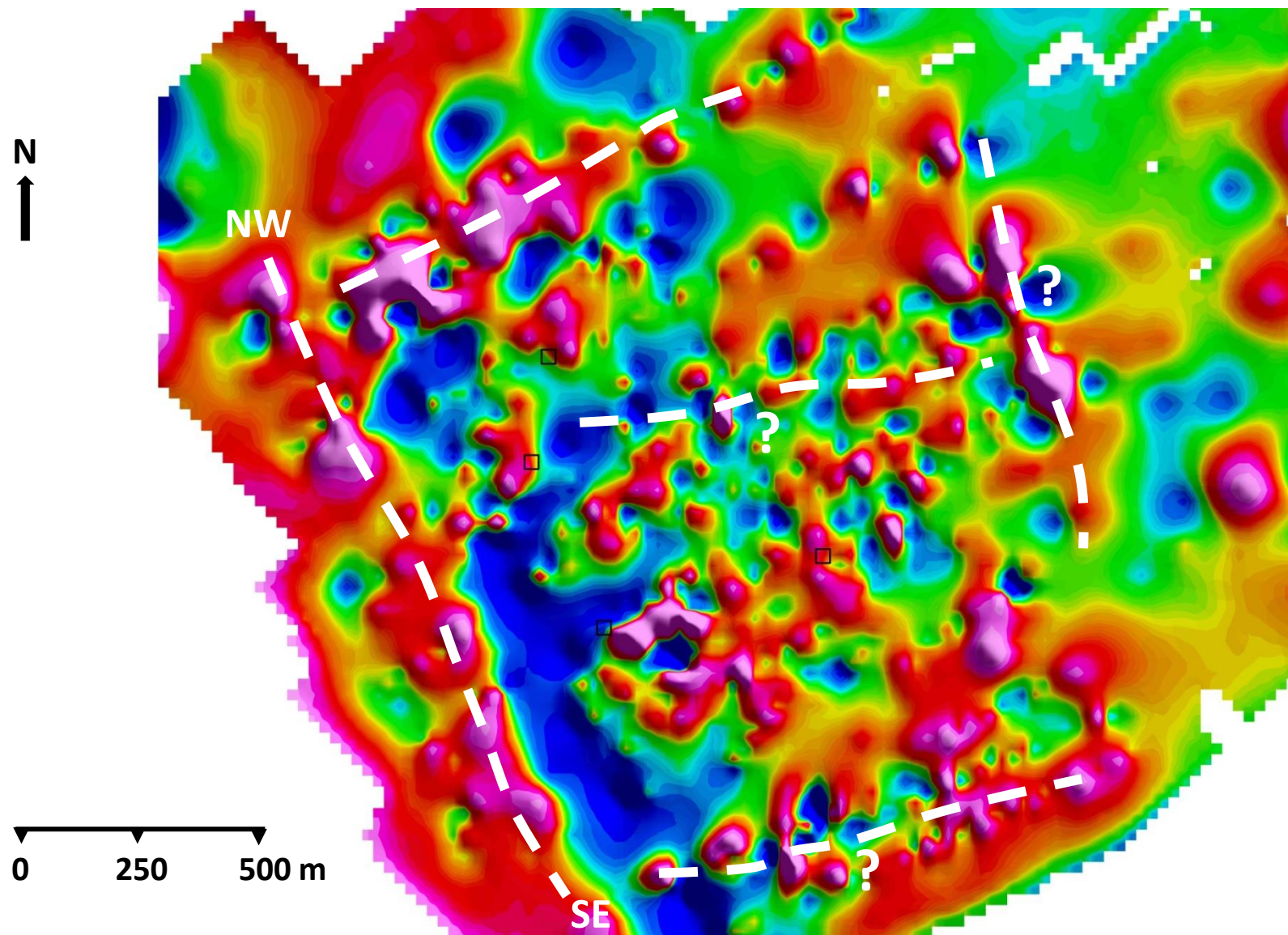


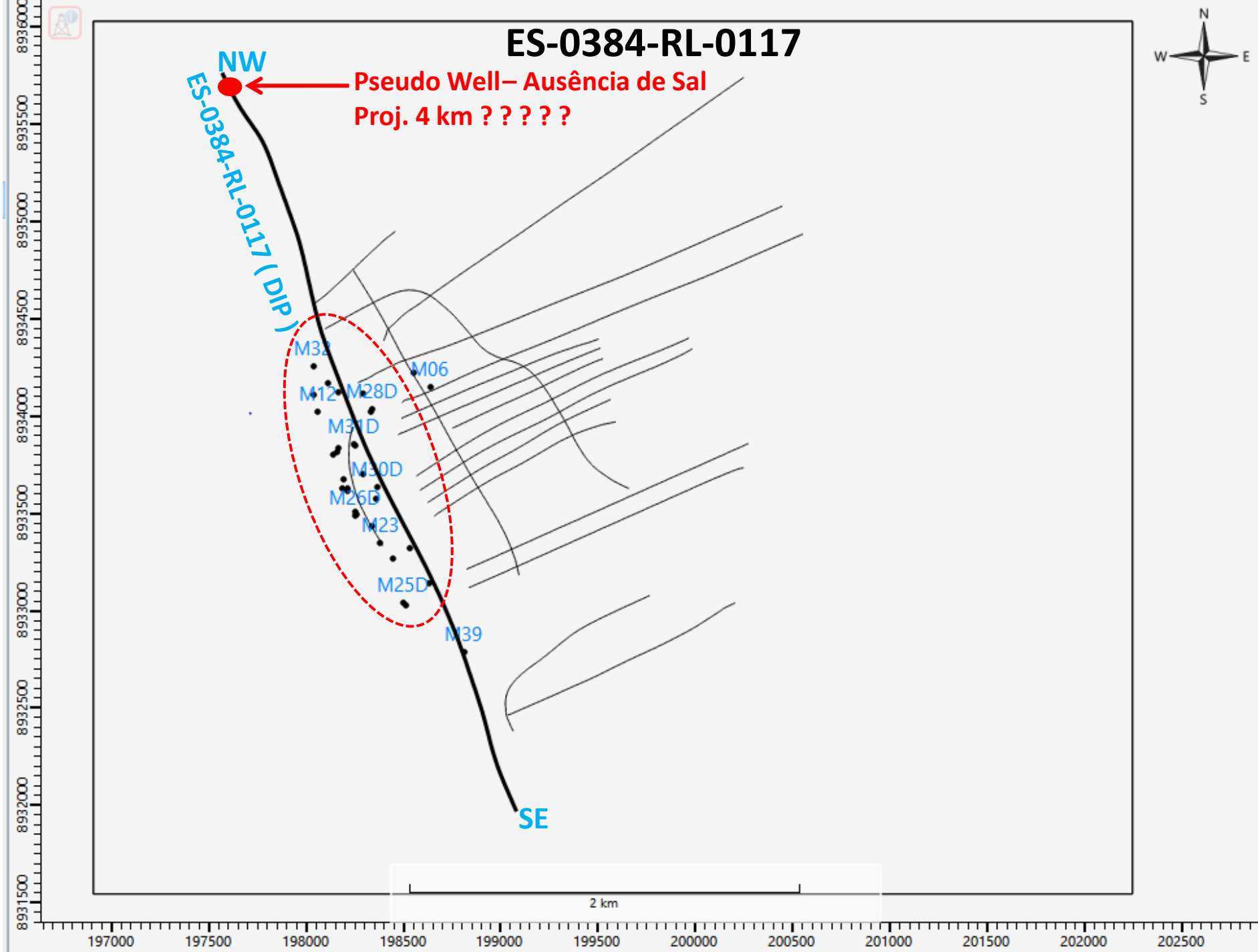
Figura 2 -Mapa da primeira derivada vertical da anomalia Bouguer indicando lineamentos associados a possíveis falhas do rifte (tracejado branco).

7.1.3 – Conclusão Parcial do 2o Relatório

Diante do exposto acima, uma interpretação da anomalia do Mutange envolvendo a modelagem conjunta de gravimetria e sísmica perde um pouco o sentido, uma vez que não se dispõe de uma seção sísmica transversal ao eixo dessa anomalia. Com relação às demais anomalias a leste do Mutange, sua fraca expressão gravimétrica também não permite uma modelagem consistente. Portanto, em nossa opinião, a estrutura fonte dessa notável anomalia, encontrada ao longo da área de distribuição das minas de sal, permanece em aberto para novas investigações.

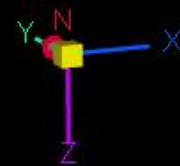
**8.1 MODELAGEM GEOLÓGICA 3D DA SÍSMICA 2D COM
OS HORIZONTES INTERPRETADOS E INTERPOLADOS GERANDO
SUPERFÍCIES COM TRANSPARÊNCIAS COM A
INTEGRAÇÃO DE TODOS OS DADOS TRABALHADOS**

MAPA BASE DAS LINHAS SÍSMICAS DO PROJETO DA CPRM - MACEIÓ

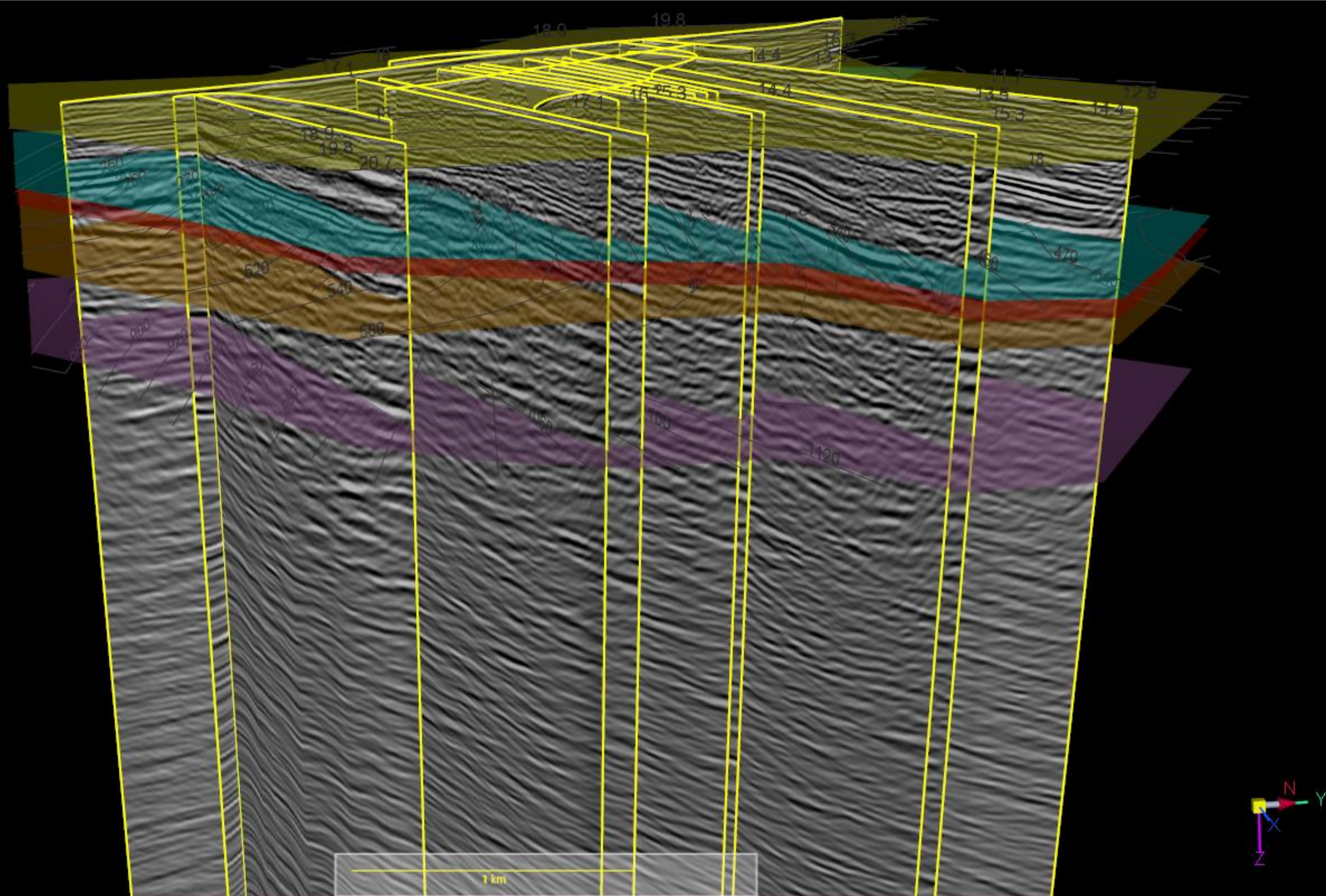


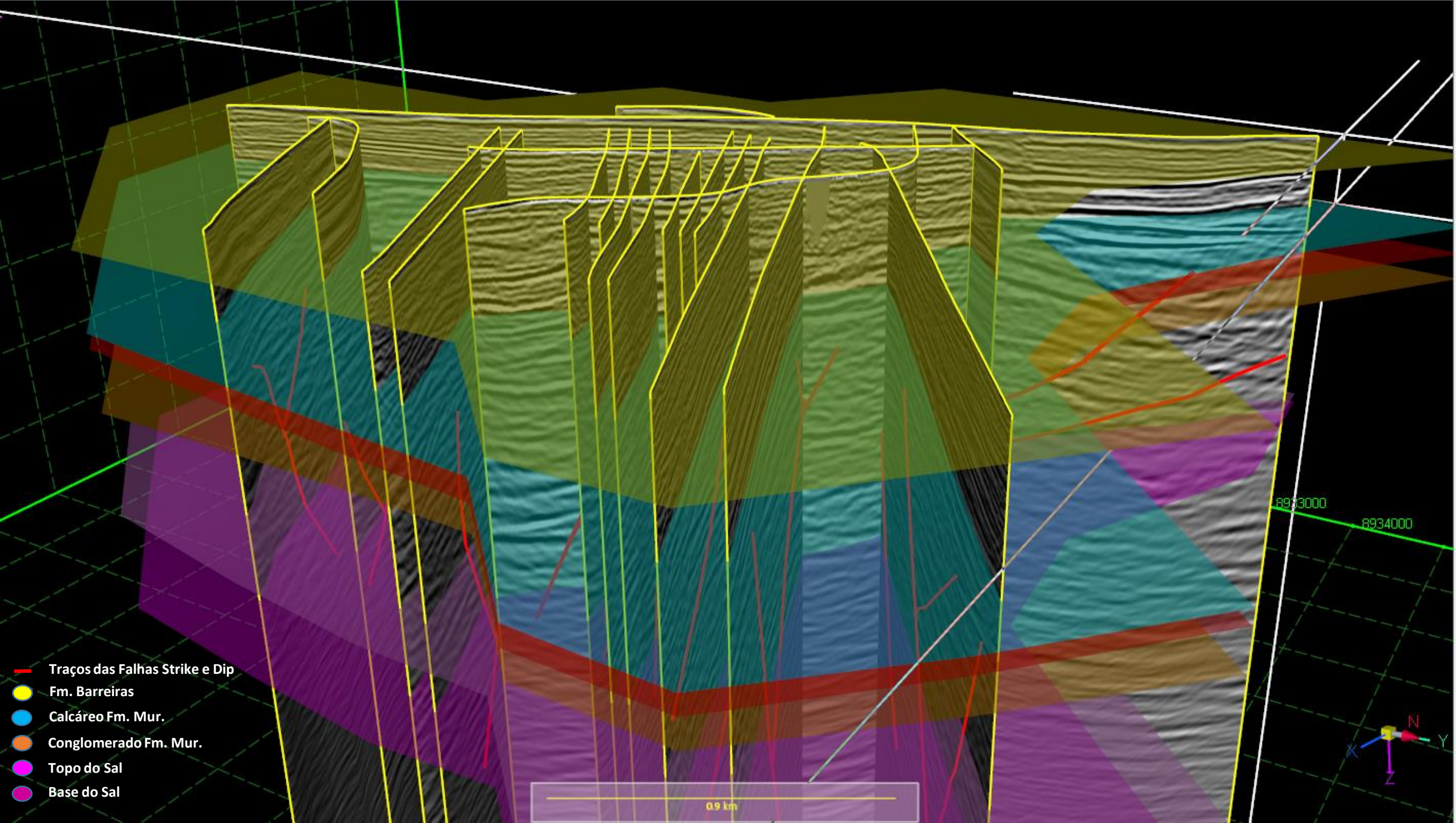
- Fm. Barreiras
- Calcáreo Fm. Mur.
- Conglomerado Fm. Mur.
- Topo do Sal
- Base do Sal

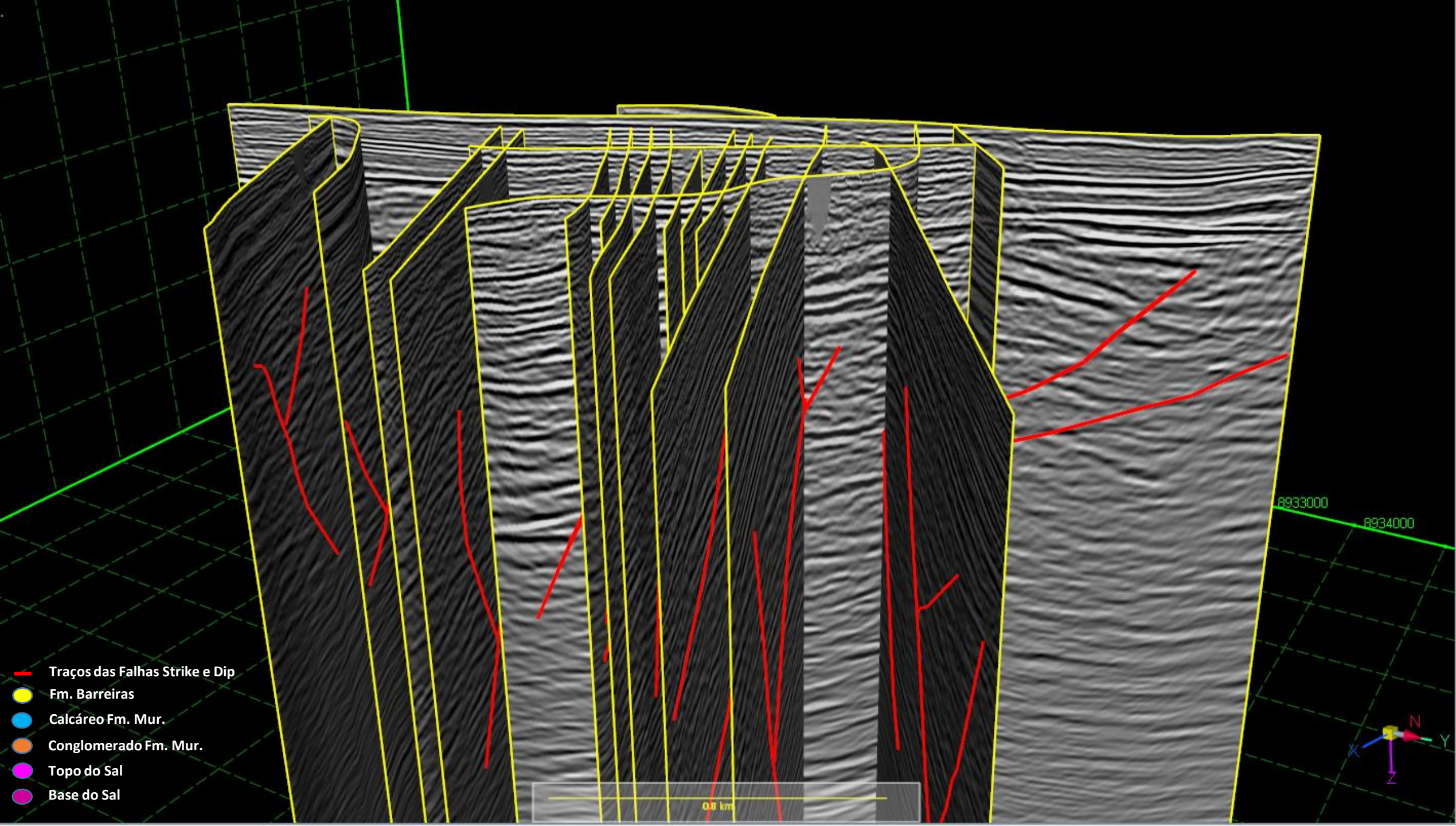
0.75 km

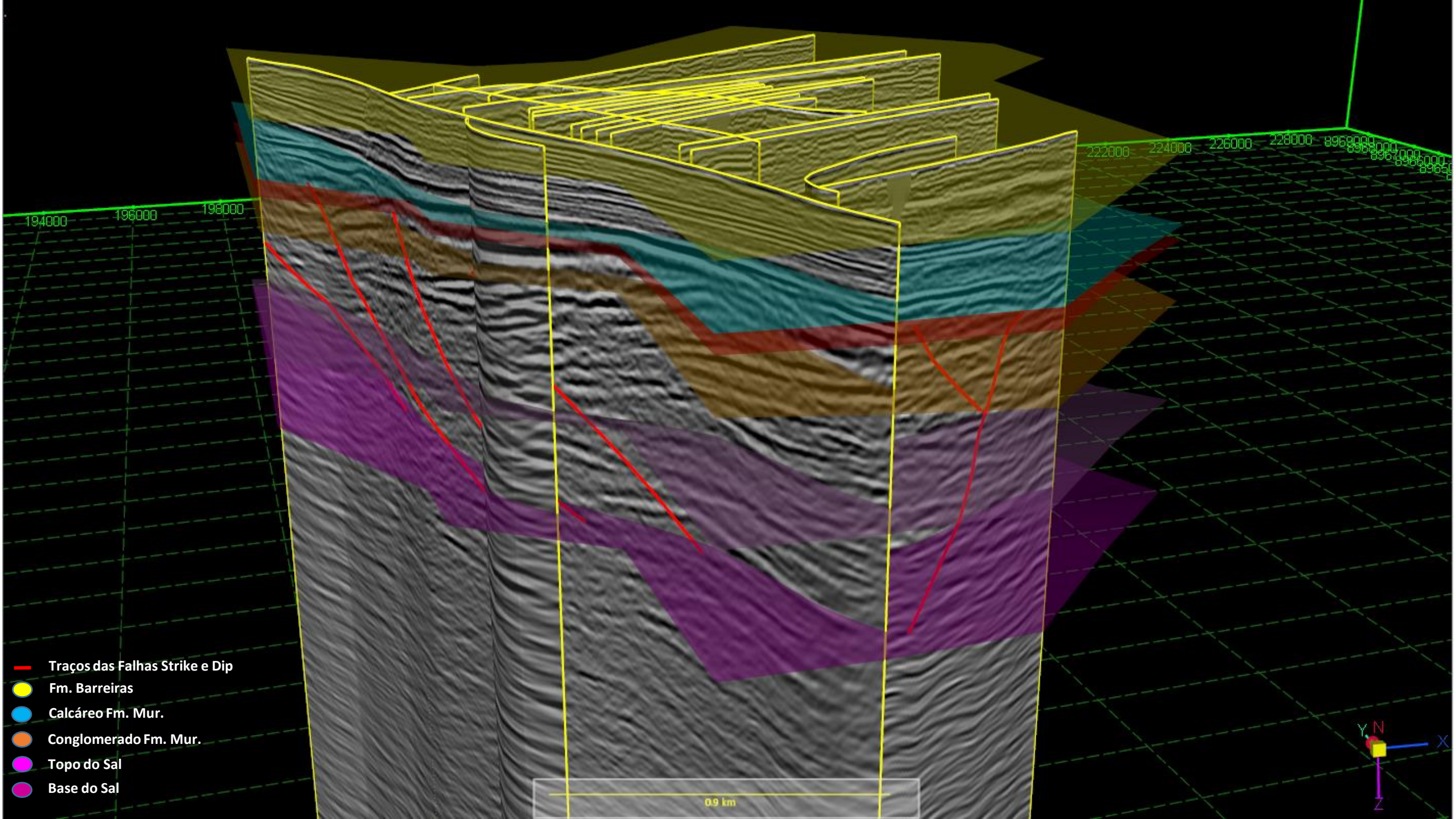


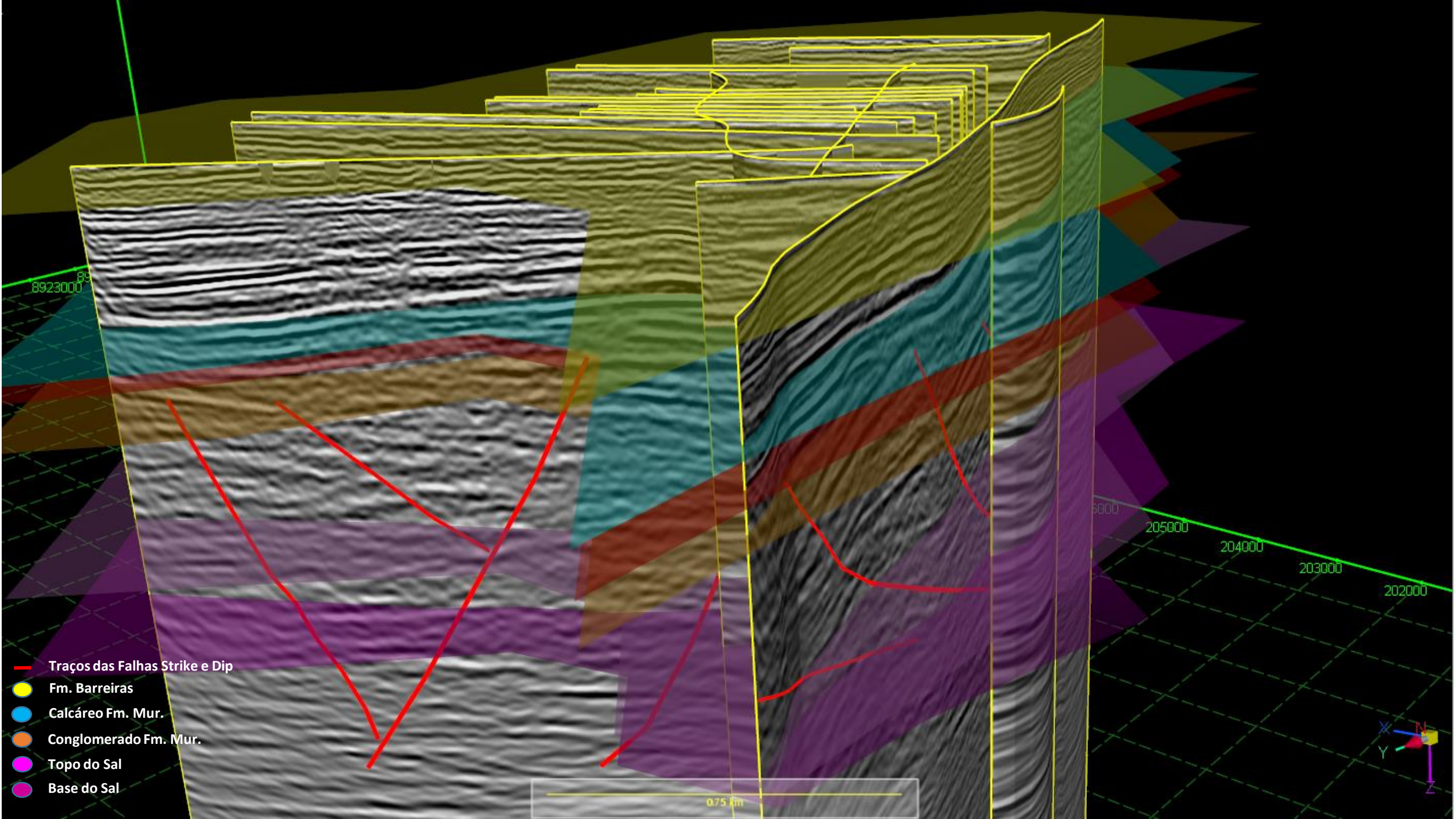
- Fm. Barreiras
- Calcáreo Fm. Mur.
- Conglomerado Fm. Mur.
- Topo do Sal
- Base do Sal











Linha Dip Regional
ES-0384 RL-0117

- Traços das Falhas Strike e Dip
- Fm. Barreiras
- Calcáreo Fm. Mur.
- Conglomerado Fm. Mur.
- Topo do Sal
- Base do Sal



1 km

Considerações Finais – Capítulo 8.1

A Modelagem 3D em profundidade, incluindo todas as linhas sísmicas 2D do projeto da CPRM, e os cinco horizontes interpretados nas 19 linhas (Vide slide 1) do referido projeto, a saber: Base do sal, Topo do sal, Conglomerado Fm. Muriubeca, Calcáreo Fm. Muribeca e Fm. Barreiras, foram interpolados, gerando uma superfície correspondente a cada um dos horizontes interpretados nas linhas 2D. Foram então aplicadas transparências em todas as superfícies para permitir uma melhor visualização das mesmas, dos dados sísmicos e das falhas, após a integração para geração da Modelagem final 3D, permitindo observar, em ângulos diferentes, a qualidade da sísmica e a coerência das superfícies interpoladas, que como pode ser observado no modelo, em nenhum momento se tocam, ou se cruzam; atestando a boa qualidade dos dados sísmicos e da interpretação dos horizontes, transformados em superfícies, para constituição da Modelagem 3D.

9. Discussão e Conclusões Finais

Na primeira fase do projeto foi montada uma equipe multidisciplinar e um banco de dados, em grande parte cedido pela CPRM, utilizando a infraestrutura laboratorial, de hardware e software preexistente na UFF, que propiciou a investigação do problema “das rachaduras e do afundamento” nos bairros de Mutange, Bebedouro e Pinheiro, utilizando dados geológicos e geofísicos de uma maneira integrada. Por se tratar de uma região de borda de uma margem continental passiva, gerada, no início, por uma bacia rifte, esta região registra uma evolução geológica bastante dinâmica. Devido ao registro geológico da Sub-Bacia de Alagoas a continuidade do seu estudo nos interessa sobremaneira.

A sequência sedimentar da área em questão é afetada por falhas que foram ativas até a idade anterior a deposição do conglomerado da Formação Muribeca. Essas falhas foram formadas ainda pelo processo de distensão continental, durante a fase rifte.

Movimentações crustais posteriores, na área, que possam ter ocorrido, geraram falhas e fraturas de menor expressão que estão abaixo da resolução das linhas sísmicas que recebemos.

Todas as linhas adquiridas pela Braskem, e cedidas para o projeto, foram convertidas para profundidade e as informações contidas nos registros dos poços digitalizadas. A correlação da geologia com a sísmica e com os dados potenciais, estão sintetizados no item 8.1.

O atributo TCVa, um dos utilizados para interpretação das linhas sísmicas, mostrou um bom potencial para ajudar no entendimento da geologia estrutural da área. Porém, ainda necessitamos de mais pesquisa com outros atributos sísmicos para definir um que mostre com clareza o pacote evaporítico.

Infelizmente, os dados sísmicos utilizados não se mostraram adequados para observar as cavernas, ou espaços vazios, existentes em subsuperfície. Esses dados foram reprocessados a partir da versão disponibilizada pela CPRM e sua qualidade melhorada. Mesmo assim, a densidade das linhas sísmicas na área não é adequada para visualização das cavernas. A interpretação dos novos dados sísmicos que foram adquiridos posteriormente na área talvez melhore a definição destas feições.

Os novos dados sísmicos adquiridos recentemente pela Braskem são limitados a cinco linhas, disponibilizadas, mas acreditamos que as linhas regionais antigas podem ajudar no entendimento da geologia da região e, especialmente, na delimitação, mesmo que parcial, das cavernas advindas da exploração do sal-gema.

O estudo dos métodos potenciais definiu importantes estruturas formadas na fase rifte, de ruptura continental na área. Através da modelagem destes dados, uma hipótese de intumescimento, ou espessamento das camadas de evaporitos abaixo da

área afetada está sendo proposto. Esta hipótese será corroborada com os eventuais próximos estudos de sísmica e aprofundamento das análises dos métodos potenciais.

O reconhecimento de campo executado e guiado pela equipe da CPRM, apesar de ter se restringido principalmente à área urbana e arredores, foi fundamental para um real entendimento das dimensões da situação em Maceió. Aparentemente, a subsidência extrema e a deformação associada, estão diretamente associadas à região da lavra de sal, já que as estruturas presentes ali não têm relação com as deformações neotectônicas identificadas nas proximidades e regionalmente, como mostram os dados sintetizados da literatura disponível e com aqueles coletados pela CPRM.

Sugerimos que, se possível, uma campanha de microgravimetria seja realizada nos bairros afetados, o que permitiria o entendimento em detalhe da estruturação em subsuperfície, o entendimento da geometria das cavernas e uma melhor correlação com os dados sísmicos.

Como atividades complementares às já descritas, registramos que foram realizados dois workshops com a equipe da CPRM, reuniões de trabalho presenciais na sede do Rio de Janeiro, com os responsáveis pelo projeto, e ministramos um curso remoto introdutório ao método sísmico, tratando do carregamento, processamento e interpretação de dados sísmicos, com base no software da Emerson-Paradigm.