

UNIVERSIDADE FEDERAL DO PAMPA

LARA BEATRIZ MOREIRA CESAR DE CARVALHO ROCHA

**ANÁLISE SISMOESTRATIGRÁFICA DA SEÇÃO SÍSMICA 0315 DO
LEVANTAMENTO 0228 DA BACIA DE PELOTAS**

Caçapava do Sul

2025

LARA BEATRIZ MOREIRA CESAR DE CARVALHO ROCHA

**ANÁLISE SISMOESTRATIGRÁFICA DA SEÇÃO SÍSMICA 0315 DO
LEVANTAMENTO 0228 DA BACIA DE PELOTAS**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Geofísica da Universidade Federal do Pampa, como requisito parcial para obtenção do Título de Bacharel em Geofísica.

Orientador: Felipe Guadagnin

Coorientadora: Ana Carolina Oliveira dos Santos

Caçapava do Sul

2025

Ficha catalográfica elaborada automaticamente com os dados fornecidos pelo(a) autor(a) através do Módulo de Biblioteca do Sistema GURI (Gestão Unificada de Recursos Institucionais).

R672a Rocha, Lara Beatriz Moreira Cesar de Carvalho
ANÁLISE SISMOESTRATIGRÁFICA DA SEÇÃO SÍSMICA
0315 DO LEVANTAMENTO 0228 DA BACIA DE PELOTAS / Lara
Beatriz Moreira Cesar de Carvalho Rocha.
67 p.

Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) – Universidade
Federal do Pampa, GEOFÍSICA, 2025.
“Orientador: Felipe Guadagnin”

1. Sismoestratigrafia. 2. Bacia de Pelotas. 3.
Estratigrafia de Sequências . 4.Tratos de Sistemas. 5. Dip-
Steering. I. Título.

LARA BEATRIZ MOREIRA CESAR DE CARVALHO ROCHA

**ANÁLISE SISMOESTRATIGRÁFICA DA SEÇÃO SÍSMICA 0315 DO
LEVANTAMENTO 0228 DA BACIA DE PELOTAS**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado
ao Curso de Geofísica da Universidade Federal
do Pampa, como requisito parcial para
obtenção do Título de Bacharel em Geofísica.

Trabalho de Conclusão de Curso defendido em: 16 de Dezembro de 2025.

Banca examinadora:

Prof. Dr. Felipe Guadagnin
Orientador
UNIPAMPA

Prof. Dr. Tiago Rafael Gregory
UNIPAMPA

Prof. Dra. Daniele Pantoja Monteiro
UNIPAMPA



Assinado eletronicamente por **FELIPE GUADAGNIN, PROFESSOR DO MAGISTERIO SUPERIOR**, em 18/12/2025, às 16:13, conforme horário oficial de Brasília, de acordo com as normativas legais aplicáveis.



Assinado eletronicamente por **DANIELE PANTOJA MONTEIRO, PROFESSOR DO MAGISTERIO SUPERIOR**, em 18/12/2025, às 18:25, conforme horário oficial de Brasília, de acordo com as normativas legais aplicáveis.



Assinado eletronicamente por **TIAGO RAFAEL GREGORY, PROFESSOR DO MAGISTERIO SUPERIOR**, em 19/12/2025, às 10:44, conforme horário oficial de Brasília, de acordo com as normativas legais aplicáveis



A autenticidade deste documento pode ser conferida no site https://sei.unipampa.edu.br/sei/controlador_externo.php?acao=documento_conferir&id_orgao_acesso_externo=0, informando o código verificador **1933381** e o código CRC **B658DCE2**.

Dedico este trabalho a todos que estiveram ao meu lado:

- À minha família;
- Aos meus orientadores;
- Aos meus amigos;
- E aos doguinhos da UNIPAMPA.

Meus sinceros muito obrigado a todos.

AGRADECIMENTO

Ao Prof. Dr. Felipe Guadagnin, pela orientação incansável, pelo rigor científico que tanto me inspira e pela paciência em me guiar em cada etapa deste trabalho.

Profª Dra. Ana Carolina, pela coorientação precisa, pelo apoio fundamental nos aspectos técnicos, pela oportunidade de participar da Iniciação Científica.

Aos professores do Curso de Geofísica da Universidade Federal do Pampa, pelo conhecimento compartilhado, pelas portas abertas e por terem transformado desafios em aprendizados. Cada aula, conversa e conselho ecoa nas páginas desta monografia.

Aos colegas de curso, em especial aqueles que se tornaram mais que companheiros de sala — tornaram-se amigos de jornada. Pelos momentos de descontração, pelas intermináveis conversas, pelos cafés compartilhados e pelo apoio mútuo nos dias de maior cansaço.

A minha família, pelo amor incondicional, pela paciência durante ausências e noites em claro, e por sempre acreditarem em mim, mesmo quando eu mesma hesitava.

Aos doguinhos da UNIPAMPA. pelos momentos de descontração nos corredores e gramados, lembrando-nos que há sempre tempo para um pouco de alegria e leveza.

Por fim, à Universidade Federal do Pampa e ao Curso de Geofísica, por fornecerem a estrutura, as oportunidades e o ambiente que permitiram que este trabalho fosse realizado.

A todos, meu mais sincero e profundo agradecimento.

“O que sabemos é uma gota, o que ignoramos é um oceano. Busque sempre o conhecimento.”.

Sir Isaac Newton.

RESUMO

A Bacia de Pelotas, no extremo sul da margem continental brasileira, configura-se como um domínio estrutural sedimentar com importância exploratória. Este trabalho objetiva analisar a arquitetura sismoestratigráfica dessa bacia em escala regional, com foco na identificação de tratos de sistemas e superfícies-chave. Para isso, aplicou-se a metodologia da Estratigrafia de Sequências à Linha Sísmica 0228-0315, disponível no Banco de Dados de Exploração e Produção da Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis ANP - BDEP. A interpretação visual direta permitiu identificar padrões de terminação de refletores: *onlap*, *toplap*, *downlap*, *offlap* e truncamento, os quais fundamentaram o mapeamento de superfícies essenciais: a Superfície de Discordância (SD), que marca a transição da fase rifte para a fase drifte; a Superfície de Regressão Máxima (SRM); a Superfície de Inundação Máxima (SIM); e a Superfície Basal de Regressão Forçada (SBRF). A partir da identificação das superfícies-chave foi possível delimitar os tratos de sistemas: Trato de Sistema de Nível Baixo (TSNB); Trato de Sistema Transgressivo (TST); Trato de Sistema de Nível Alto (TSNA); e Trato de Sistema de Estágio de Queda (TSEQ), que registraram um ciclo deposicional transgressivo-regressivo completo. O estudo foi refinado com a aplicação da técnica avançada de *Dip-Steering* no *software* OpendTect, utilizando o algoritmo Análise de Componentes Principais, conhecido como PCA, para o realce estrutural. Esta abordagem permitiu gerar um *HorizonteCube*, validando as superfícies interpretadas e conferindo maior precisão à delimitação dos corpos sedimentares. Os resultados revelam uma sucessão estratigráfica típica de uma margem passiva, onde o registro de subsidência tectônica inicial é sobreposto por sequências predominantemente controladas por variações eustáticas. O modelo final integra a interpretação clássica e processamento digital, fornecendo um arcabouço consistente para a compreensão da evolução tectono-sedimentar da Bacia de Pelotas e seu potencial exploratório.

Palavras-Chave: Sismoestratigrafia; Bacia de Pelotas; Estratigrafia de Sequências; Tratos de Sistemas; *Dip-Steering*; OpendTect.

ABSTRACT

The Pelotas Basin, located at the southernmost end of the Brazilian continental margin, is a sedimentary province of notable exploratory interest. This study aims to analyze the seismic stratigraphic architecture of this basin on a regional scale, focusing on the identification of system tracts and key surfaces. To achieve this, the Sequence Stratigraphy methodology was applied to seismic line 0228-0315, available from the ANP public database. Direct visual interpretation enabled the identification of reflector termination patterns (onlap, downlap, toplap, truncation, and offlap), which formed the basis for mapping essential surfaces: the Subaerial Unconformity (SU), marking the transition from the rift to the drift phase; the Maximum Regression Surface (MRS); the Maximum Flooding Surface (MFS); and the Forced Regression Surface (FRS). Based on these, it was possible to delineate the system tracts: Lowstand System Tract (LST), Transgressive System Tract (TST), Highstand System Tract (HST), and Falling-Stage System Tract (FSST), which record a complete transgressive-regressive depositional cycle. The study was refined by applying the advanced Dip-Steering technique in OpendTect software, using the Principal Component Analysis (PCA) algorithm for structural enhancement. This approach allowed for the generation of a HorizonCube, validating the interpreted surfaces and providing greater accuracy in delineating sedimentary bodies. The results reveal a stratigraphic succession typical of a passive margin, where the record of initial tectonic subsidence is overlain by sequences predominantly controlled by eustatic variations. The final model integrates classic interpretation and digital processing, providing a consistent framework for understanding the tectono-sedimentary evolution of the Pelotas Basin and its exploratory potential.

Keywords: Seismic Stratigraphy; Pelotas Basin; Sequence Stratigraphy; System Tracts; Dip-Steering; OpendTect.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Contexto Geológico da Bacia de Pelotas.....	4
Figura 2 – Área de Estudo da Bacia de Pelotas	5
Figura 3A – Carta Cronoestratigráfica da Bacia de Pelotas.....	8
Figura 3B – Carta Cronoestratigráfica da Bacia de Pelotas.....	9
Figura 4 – Linha Sísmica do projeto 0228_PELOTAS_4A4B (Sísmico 2D)	10
Figura 5 – Trajetórias da linha de costa, definidas por Catuneanu (2019) como uma combinação de variações laterais e verticais. Abreviações: NR - regressão normal; FR - regressão forçada; T - transgressão; +A - acomodação positiva; -A - acomodação negativa..	11
Figura 6 – Tipos de Padrões de Terminação de Refletores.....	13
Figura 7 – Relação entre os padrões de terminação dos refletores e os padrões de empilhamento de Regressão Normal (NR), Regressão Forçada (FR) e Transgressão (T)	14
Figura 8 – Geometrias Externas das Sismofácies.....	18
Figura 9 – Configurações Internas das Sismofácies.....	21
Figura 10 – Passo a passo para a criação e filtragem do <i>SteeringCube</i> (2D/3D)	23
Figura 11 – Passo I - Escolha de configurações para dar início na criação dos horizontes.....	24
Figura 12 – Passo II - Seleção do Zero Crossing +/-	25
Figura 13 – Passo III - Seleção do dado no <i>Steering Data</i>	26
Figura 14 – Resultados anteriores da linha 0228-0315 com atributo de Similaridade. Seção sísmica 0228-0315. a) seção sísmica original; b) seção sísmica interpretada com a delimitação das superfícies estratigráficas: Superfície de Inundação Máxima (SIM - linha azul turquesa); Discordância Subaérea (DS - linha amarela); Superfície de Regressão Máxima (SRM - linha verde); Superfície Basal de Regressão Forçada (SBRF - linha vermelha); Conformidade Correlativa (CC - linha laranja). Linha azul escuro: limite inferior dos depósitos da fase drifte. Linha preta: limite do embasamento.....	28
Figura 15 – Na seção sísmica 0228-0315, foi interpretada com o objetivo de delimitar os tratos de sistema, que são o TSEQ, TSNB, TST e TSNA e delimitar os depósitos regressivos (R) e depósitos transgressivos (T).....	31
Figura 16 – Linha 0228-0315 com identificação das Superfícies-Chave demarcada.....	32
Figura 17 – Seção sísmica 0228-0315 interpretada com a delimitação dos Tratos de Sistemas.....	33
Figura 18 – Identificação do Truncamento.....	35
Figura 19 – Identificação do <i>Toplap</i> na porção proximal.....	35
Figura 20 – Identificação do <i>Onlap</i> I.....	36
Figura 21 – Identificação do <i>Onlap</i> II.....	36
Figura 22 – Identificação do <i>Onlap</i> III.....	37
Figura 23 – Identificação do <i>Onlap</i> IV.....	37
Figura 24 – Identificação do <i>Onlap</i> V.....	38
Figura 25 – Identificação do <i>Offlap</i> I.....	39
Figura 26 – Confirmação do <i>Offlap</i> II.....	39
Figura 27 – Reconhecimento do <i>Downlap</i> I.....	40
Figura 28 – Reconhecimento do <i>Downlap</i> II.....	40
Figura 29 – Reconhecimento do <i>Downlap</i> III.....	41
Figura 30 – Reconhecimento do <i>Downlap</i> IV.....	41
Figura 31 – Reconhecimento do <i>Downlap</i> V.....	42
Figura 32 – Linha 0228-0315 com Atributo <i>Dip-Steering</i> utilizando o <i>Steering Algorithm</i> PCA.....	43
Figura 33 – Linha 0228-0315 apresentando as superfícies-chave com atributo <i>Dip-Steering</i>	44

Figura 34 – Linha 0228-0315 interpretada apresentando o resultado da criação do HorizonteCube com atributo Dip-Steering.....	44
Figura 35 – Delimitação dos Tratos de Sistema com utilização dos Atributo <i>Dip-Steering</i> ...	45
Figura 36 – Síntese das Técnicas aplicadas à linha 0228-0315.....	46

LISTA DE ABREVIATURAS

ANP-BDEP – Banco de Dados de Exploração e Produção da Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis

NR – *Normal Regression* - Regressão Normal

FR – *Forced Regression* - Regressão Forçada

T – *Transgression* - Transgressão

TSNA – Trato de Sistema de Nível Alto

TSNB – Trato de Sistema de Nível Baixo

TST – Trato de Sistema Transgressivo

TSEQ – Trato de Sistema de Estágio de Queda

SIM – Superfície de Inundação Máxima

SRM – Superfície de Regressão Máxima

SD – Superfície de Discordância

SBRF – Superfície Basal de Regressão Forçada

PCA – *Principal Component Analysis* - Análise de Componentes Principais

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	1
2	CONTEXTO GEOLÓGICO.....	4
2.1	Fase Pré-Rifte.....	5
2.2	Fase Rifte.....	5
2.3	Fase Drifte (Pós Rifte).....	6
3	MATERIAIS E MÉTODOS.....	10
3.1	Dados Sísmicos.....	10
3.2	Sismoestratigrafia.....	11
3.2.1	Análise das Fácies Sísmicas.....	12
3.2.2	Estratigrafia de Sequências.....	15
3.2.3	Tratos de Sistemas.....	16
3.2.4	Padrões Geométricos das Sismofácies.....	17
3.2.5	Configuração Interna.....	18
3.3	Software OpendTect.....	22
3.3.1	Técnica de Processamento e Análise Dip-Steering.....	22
4	RESULTADOS.....	26
4.1	Resultados do Relatório da Iniciação Científica.....	26
4.2	Resultados Obtidos.....	31
4.2.1	Identificação dos Padrões de Terminação e Delimitação dos Tratos de Sistema....	34
4.2.1.1	Identificação da Discordância e do <i>Toplap</i>.....	34
4.2.1.2	Delimitação da base do TST por <i>Onlap</i>.....	35
4.2.1.3	Confirmação da Regressão Forçada e do <i>Offlap</i>.....	38
4.2.1.4	Mapeamento das Superfícies Progradacionais e <i>Downlap</i>.....	39

4.2.1.5 Síntese da Análise e Transição para Métodos Avançados.....	42
4.3 Análise Sísmica Avançada com o Atributo <i>Dip-Steering</i>	42
5 CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	47
REFERÊNCIAS.....	59

1 INTRODUÇÃO

A Bacia de Pelotas, localizada no extremo sul da margem continental brasileira, destaca-se por uma história evolutiva marcada pela interação entre processos tectônicos e sedimentares (ANP, 2022). Além de seu valor científico, a bacia tem crescente importância econômica, sobretudo no contexto da exploração de hidrocarbonetos. Sua relevância exploratória é reforçada pela hipótese de que possa abrigar reservas de petróleo ainda não descobertas, em razão de sua continuidade com a Bacia de Santos, já consolidada como produtora, e das semelhanças estruturais e estratigráficas com a margem conjugada na costa oeste da África, especialmente a Bacia de Orange, na Namíbia (e.g., Chauvet et al., 2021).

Esta bacia tem sido estudada sob perspectivas sismoestratigráficas e tectono-sedimentares, com destaque para as teses de Fontana (1996) e de Castillo (2009), que embasam este projeto. Ambos caracterizam a bacia como uma margem passiva do Atlântico Sul, aplicando a Estratigrafia de Sequências (Vail et al., 1977) para identificar superfícies-chave (discordâncias, Superfície de Inundação Máxima) e tratos de sistemas (Trato de Sistema de Nível Baixo, Trato de Sistema Transgressivo, Trato de Sistema de Nível Alto, Trato de Sistema de Estágio de Queda), integrando sísmica e dados de poços. Porém, enquanto Fontana (1996) prioriza a evolução tectônica, backstripping, modelagem gravimétrica e feições como a Zona de Fratura do Rio Grande, Castillo (2009) foca em ferramentas computacionais (OpendTect, Petrel) e na análise do Cone do Rio Grande. Este trabalho alinha-se à metodologia prática de Castillo (2009), utilizando o OpendTect, porém com foco na arquitetura sismoestratigráfica regional, definindo tratos de sistemas e superfícies cronoestratigráficas para um modelo unificado.

A Sismoestratigrafia é uma área da Estratigrafia que utiliza dados de sísmica de reflexão 2D e/ou 3D para subdividir o registro estratigráfico em unidades sismoestratigráficas ou fácies sísmicas. Trata-se de uma metodologia que aplica princípios geofísicos para identificar discontinuidades estratigráficas (Castillo, 2009). Com isso, as fácies sísmicas são definidas como unidades sismoestratigráficas com características de reflexões específicas, baseadas na configuração das reflexões, na continuidade, na amplitude e na frequência (e.g., Veeken, 2007). Assim, os dados sísmicos de reflexão fornecem imagens da subsuperfície. De acordo com Catuneanu (2006), a Estratigrafia de Sequências interpreta e analisa a resposta sedimentar à interação entre as variações no espaço de acomodação e o suprimento sedimentar, resultando em tendências deposicionais características como progradação,

agradção e retrogradção, determinando a formaço de superfícies-chave e a sucessão dos tratos de sistemas.

Uma seqüência corresponde a um conjunto de estratos que estão todos relacionados, delimitados por uma discordância subaérea e sua conformidade correlativa, e pode ser subdividida em tratos de sistemas, como: Trato de Sistema de Nível Alto (TSNA), Trato de Sistema de Nível Baixo (TSNB), Trato de Sistema Transgressivo (TST) e o Trato de Sistema de Estágio de Queda (TSEQ), que são definidos pelas trajetórias de linha de costa e pelos padrões de empilhamento sendo este progradacional, retrogradacional e agradacional. A identificação dessas unidades em dados sísmicos é possível através da análise das terminações de refletores (*onlap*, *toplap*, *downlap* e truncamento), que refletem as mudanças das condições deposicionais, permitindo reconstruir a evolução tectono-sedimentar da bacia em questão (Catuneanu, 2006).

Seguindo os conceitos de Catuneanu, Veeken e Castillo, facilitará a obtenção de uma melhor compreensão da evolução tectono-sedimentar de uma bacia. O método da interpretação sismoestratigráfica clássica trabalha com o registro do tempo de percurso das ondas sísmicas geradas artificialmente, pois com esse dado é possível observar e analisar o contraste de impedância acústica, que é definida como o produto da velocidade sísmica de um intervalo entre as rochas pela sua própria densidade, entre as camadas, isto ocorre no momento em que o sinal sísmico é refletido, demarcando as interfaces (Ribeiro, 2001).

A utilização da sismoestratigrafia neste trabalho é em uma escala regional, firmando-se na interpretação e na reconstrução da história geológica de bacias sedimentares, fundamentada na análise de padrões de reflexões sísmicas e suas terminações. Além disso, em escalas mais refinadas, a descontinuidade dos registros estratigráficos pode comprometer a confiabilidade das interpretações. A análise será orientada pelos princípios da Estratigrafia de Sequências, com foco na identificação de superfícies-chave e na delimitação dos tratos de sistemas, de acordo com os conceitos de Veeken (2007) e Catuneanu et al. (2019).

Neste trabalho, a sismoestratigrafia é empregada como ferramenta para determinar os padrões de terminação de refletores sísmicos, a configuração interna e a geometria externa das fácies sísmicas. A partir disso discutir os padrões de empilhamento transgressivo-regressivo e traçar as superfícies que marcam mudanças nesses padrões. O produto final é o sequenciamento das unidades estratigráficas com base nos conceitos da

Estratigrafia de Sequências.

Essa abordagem permitirá correlacionar eventos deposicionais com as oscilações do nível relativo do mar, contribuindo para o entendimento da evolução geológica da bacia e de seu potencial exploratório possibilitando a identificação das superfícies-chave, dos tratos de sistemas e dos padrões de terminação.

Este trabalho tem como objetivo geral:

- Interpretar, em escala regional, a arquitetura sismoestratigráfica da Bacia de Pelotas com base na identificação de Tratos de Sistemas e Padrões de Terminação, manuseando dados sísmicos de reflexão, a fim de reconhecer as superfícies-chave e os padrões de empilhamento sedimentar da linha sísmica 0228-0315 do projeto 0228-.

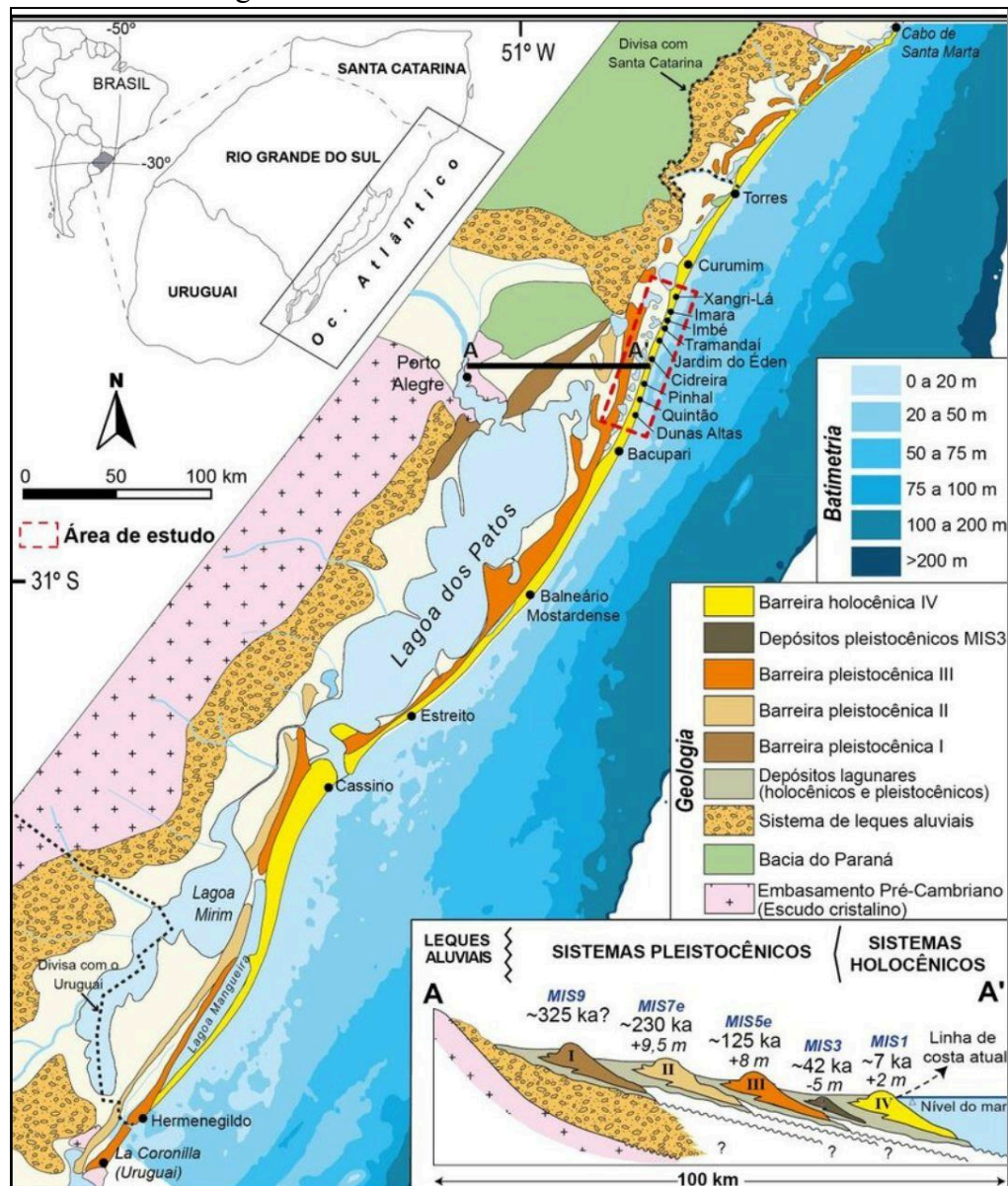
Os objetivos específicos incluem:

- Identificar as principais superfícies estratigráficas com base nos padrões de terminação sísmica:
 - Superfície de Discordância (SD);
 - Superfície de Inundação Máxima (SIM);
 - Superfície de Regressão Máxima (SRM) e;
 - Superfície Basal de Regressão Forçada (SBRF).
- Delimitar os tratos de sistemas com base nos Padrões de Empilhamento e geometria sísmica:
 - Trato de Sistema de Nível Baixo (TSNB);
 - Trato de Sistema Transgressivo (TST);
 - Trato de Sistema de Nível Alto (TSNA) e;
 - Trato de Sistema de Estágio de Queda (TSEQ)
- E construir um modelo estratigráfico regional para Bacia de Pelotas.

2 CONTEXTO GEOLÓGICO

A Bacia de Pelotas (Fig. 1) é uma das mais significativas bacias sedimentares do Atlântico Sul, sendo delimitada, a norte, pela Bacia de Santos através do Alto de Florianópolis e, a sul, pela Bacia Punta Del Leste, através do Alto do Polônio em águas territoriais uruguaias (Zerfass, 2008). Do ponto de vista evolutivo, a Bacia de Pelotas apresenta duas fases tectono-sedimentares bem definidas: a fase rifte e a fase pós-rifte (Fontana, 1996). O processo de rifteamento que originou a bacia está diretamente associado à ruptura do supercontinente Gondwana, ocorrendo de forma relativamente precoce em comparação às demais bacias da Margem Leste Brasileira.

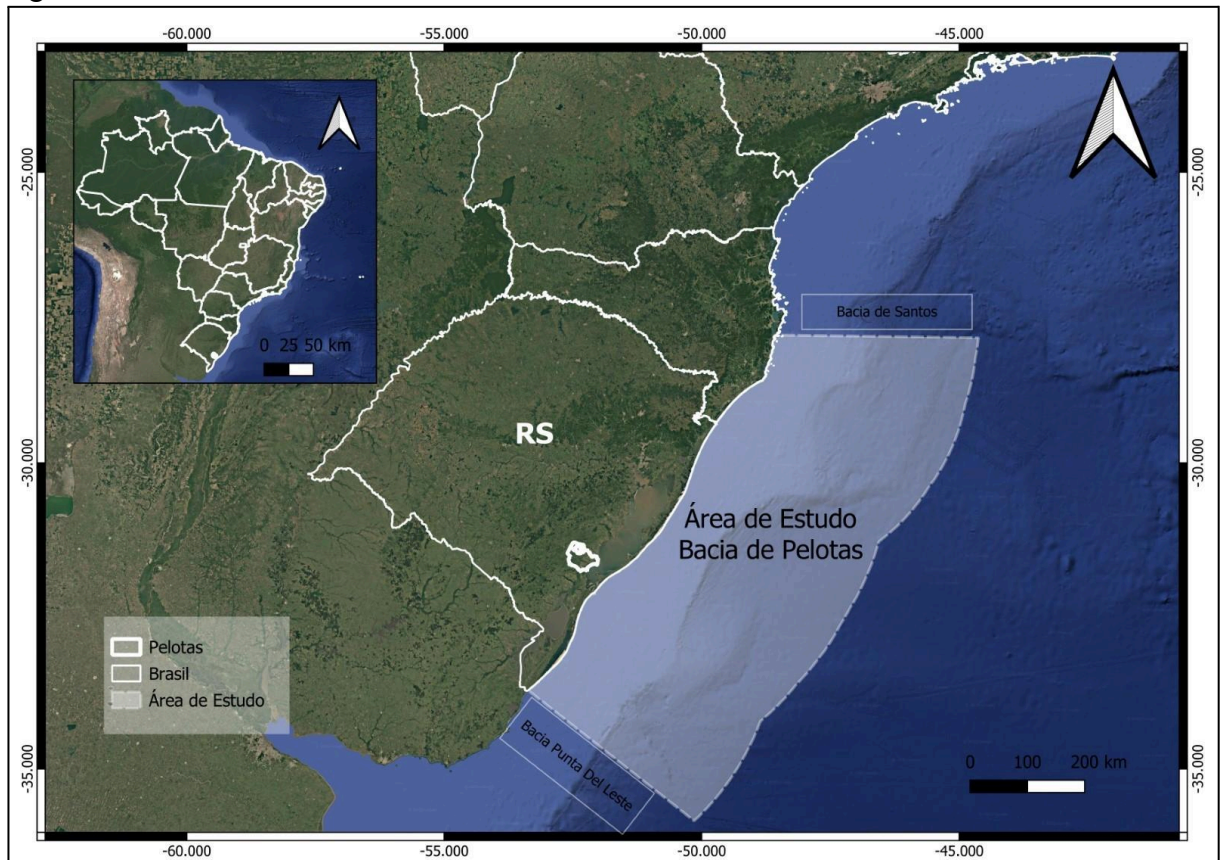
Figura 1: Contexto Geológico da Bacia de Pelotas.



Fonte: Watanabe, 2023.

A área de estudo, exposta na figura 2, detém uma configuração que abrange três compartimentos principais: a Planície Costeira, a Plataforma Continental e o Talude. Ocupa uma área total cerca de 250.000 km² até a lâmina d'água de 2.000 m, Stica et al. (2014). Da área emersa, ocupa cerca de 40.000 km² situada na Planície Costeira do Rio Grande do Sul (Dias *et al.*, 1994). Localizada na porção centro-meridional no extremo sul da margem continental brasileira, a Bacia de Pelotas delimitada ao Norte pela Bacia de Santos e ao Sul pela Bacia Punta Del Este, possui três compartimentos principais: Planície Costeira, Plataforma Continental e Talude. A bacia possui, aproximadamente, 250.000 km² de área total e 40.000 km² de área emersa.

Figura 2: Área de Estudo da Bacia de Pelotas



Fonte: Autora, 2025.

Inicialmente, a Bacia de Pelotas desenvolveu-se como um rifte intracontinental, evoluindo posteriormente para uma bacia de margem passiva vulcânica. Essa característica está relacionada à expressiva presença de material magmático no preenchimento da bacia, especialmente as camadas basálticas associadas à Formação Imbituba, o que confere à Bacia

de Pelotas semelhantes com as bacias da margem continental da Argentina e do Uruguai (Bueno et al., 2007). O término da fase rifte marcou o início da fase de subsidência térmica, responsável pela acomodação dos maiores volumes de sedimentos depositados sobre o embasamento da bacia entre o Albiano e o Mioceno (Villwock & Tomazelli, 2007). De acordo com Villwock (1984), a evolução tectono-sedimentar da Bacia de Pelotas pode ser dividida em três fases principais: pré-rifte, rifte e drifte (Fig. 3) que representam o nível de atividade e o tipo tectônico dominante, que resultará em bacias sedimentares de formatos distintos.

2.1 Fase Pré-Rifte:

A fase pré-rifte é representada na porção sul pelo embasamento cristalino do Escudo Sul Riograndense, mais antigo do que 550 Ma, e, na porção norte, por rochas da Bacia do Paraná, formadas nas Eras Paleozoica e Mesozoica. Na porção sul, o embasamento consiste no Cinturão Dom Feliciano, uma faixa móvel brasileira constituída por rochas metamórficas de baixo grau como filitos, xistos, quartzitos e mármore, granitos e migmatitos, cobertos por uma sequência molássica que foi afetada pelo vulcanismo (Villwock e Tomazelli, 1995, Bueno et al., 2007).

Na porção central deste cinturão, surgiu o Batólito de Pelotas entre 850 a 450 Ma, uma importante fonte de clásticos para a bacia. A Bacia de Pelotas, a nordeste, assenta sobre as sequências vulcano-sedimentares da Bacia do Paraná. Esta distinção litológica no substrato, segundo Bueno (2007), é a causa principal das diferenças no comportamento termomecânico entre as sub-bacias Norte e Sul.

2.2 Fase Rifte:

A fase rifte foi depositada da idade Barremiano ao Aptiano e é composta por duas unidades vulcânicas: vulcanismo subaéreo (Formação Imbituba) vulcanismo subaquoso (Formação Curumim) e a unidade de sedimentação continental com depósitos aluviais e lacustres (Formação Cassino). A Formação Imbituba contém os *Seaward Dipping Reflectors* (SDRs) que são reconhecidos em perfis sísmicos como cunhas vulcano-sedimentares, resultados de uma intensa atividade vulcânica em margens divergentes (Souza, Mello, Silva, 2005).

As sequências preenchem os meio-grábens antitéticos, conferindo à bacia uma borda flexural. A Formação Cassino é constituída por sedimentos clásticos que espessam em direção

às falhas, que foram interpretadas como leques aluviais. O contato superior desta formação é marcado pela discordância de *breakup*, que foram acumuladas rochas vulcânicas que compõem a Formação Curumim que marca, no registro geológico, a transição da fase rifte para a fase drifte. A análise das SDRs apresenta uma evolução polifásica, com abertura oceânica progredindo de sul para norte, de modo que a Sub-bacia de Pelotas ingressou na subsidência térmica enquanto a Sub-bacia de Torres ainda estava sob rifteamento (Bueno et al., 2007).

2.3 Fase Drifte (Pós Rifte):

A fase drifte foi depositada da idade Aptiana até o Holoceno e é de especial interesse para este trabalho pois é nesse intervalo que desenvolveu as principais sequências sedimentares, que são observadas nos perfis sísmicos, e foi objeto da análise sismoestratigráfica em escala regional. Conforme proposto por Bueno et al. (2007), essa fase pode ser subdividida em três estágios principais. O Estágio Inicial (Albiano) é representado por depósitos de plataforma rasa, o Estágio Intermediário (do Albiano ao Oligoceno) é demarcado por um período transgressivo dominante e por fim, o Estágio Final (Neógeno) que é constituído por uma cunha clástica regressiva.

O início do estágio de subsidência pós-rifte é marcado pela Sequência K48, equivalente à suíte vulcânica da Formação Curumim, onde há basaltos, andesitos e traquiandesitos, de $113 \pm 0,1$ milhões de anos durante a idade Aptiano, de acordo com a técnica de datação Ar-Ar (Dias et al., 1994, Bueno et al., 2007). Esta unidade foi sobreposta de maneira discordante pelos evaporitos da Formação Ariri e pelos carbonatos da Formação Porto Belo. A análise das seções sísmicas sugere que a espessura é superior a 6 km para essa região, que apresenta uma geometria típica da subsidência térmica, conhecida como “sag” (Bueno et al., 2007).

Com a identificação de cunhas de SDRs de idades variadas ao longo do contato da crosta continental e oceânica, é fundamental para a compreensão da evolução da Bacia de Pelotas. Sua análise sísmica revela que os SDRs mais antigos que estão associados à Formação Imbituba, estão localizados no sul da bacia, enquanto os mais jovens, estão vinculados à Formação Curumim, estão situados a norte (Bueno et al., 2007).

Figura 3A: Carta Cronoestratigráfica da Bacia de Pelotas.

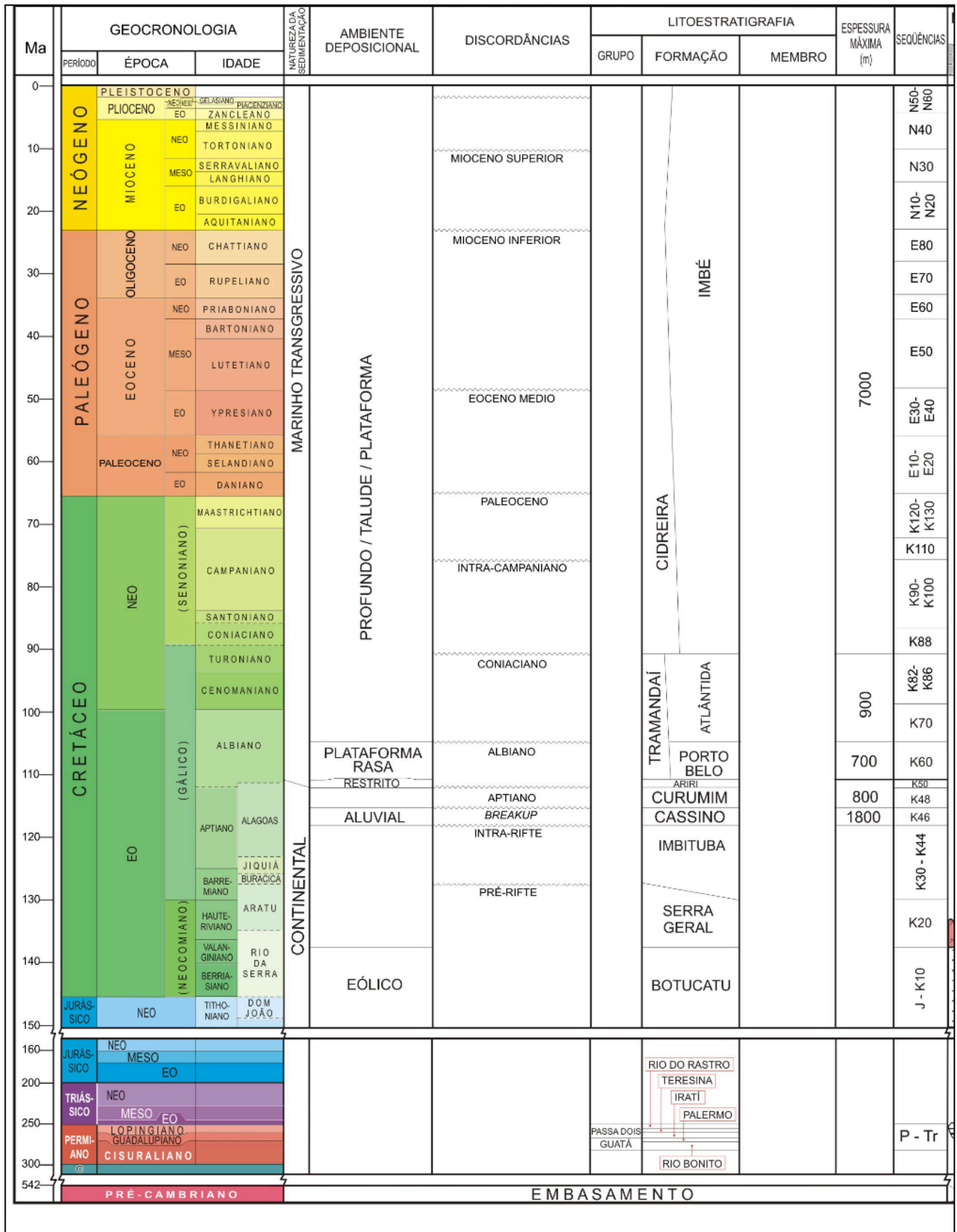
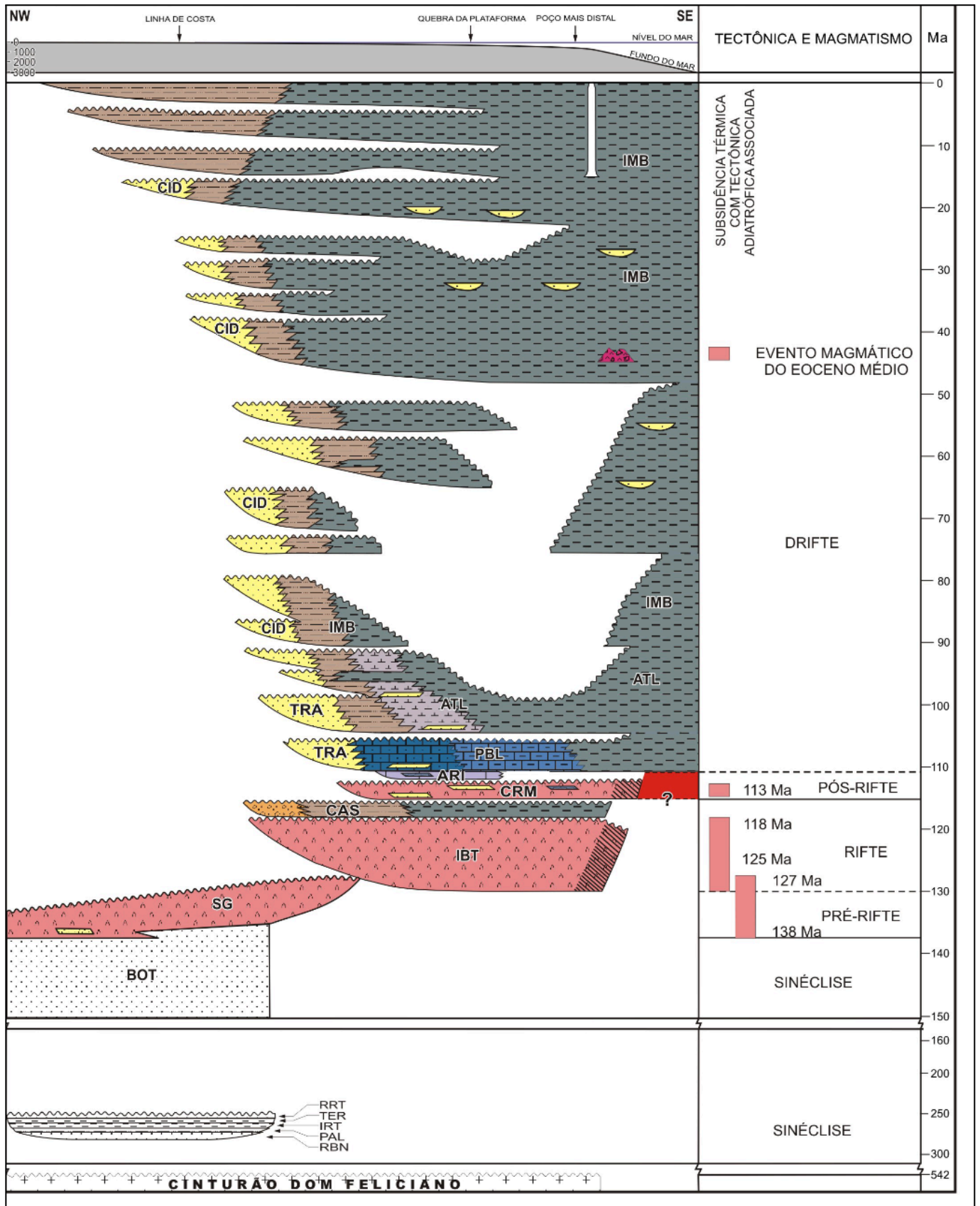


Figura 3B: Carta Cronoestratigráfica da Bacia de Pelotas.



Fonte: BUENO et al. (2007)

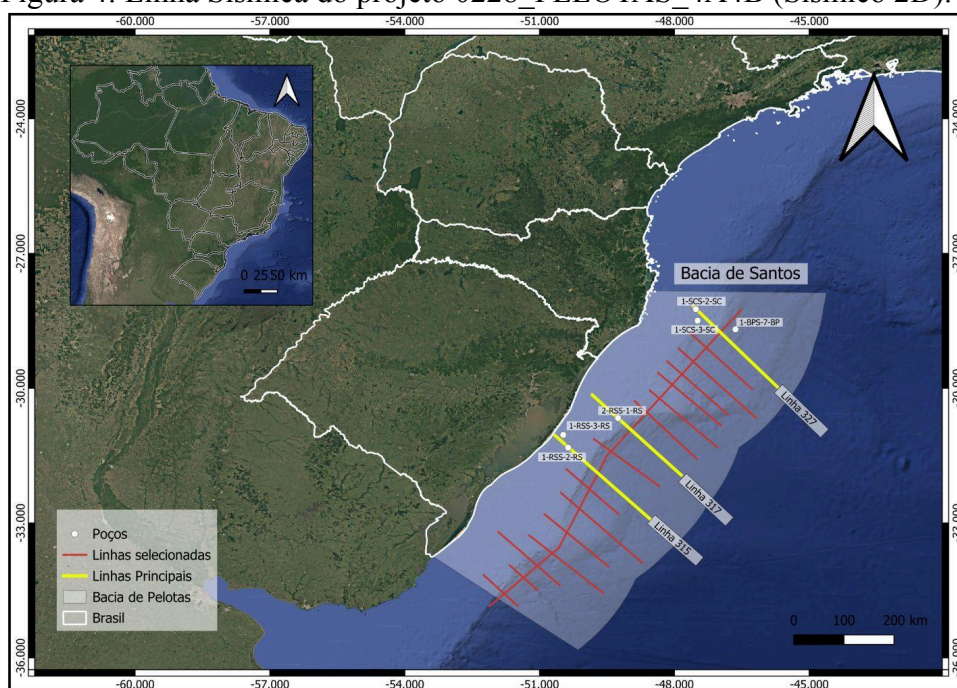
3 MATERIAIS E MÉTODOS

Os materiais e métodos utilizados neste trabalho estão incluídos na análise sismoestratigráfica, utilizando dados sísmicos 2D do levantamento 0228 da Bacia de Pelotas, carregados no *software* OpendTect e interpretados por meio do método de análise de seções sísmicas de reflexão, detalhados a seguir.

3.1 Dados Sísmicos

O levantamento 0228_PELOTAS_4A4B (Sísmico 2D) (Fig. 4) da Bacia de Pelotas está disponível no Banco de Dados de Exploração e Produção da Agência Nacional do Petróleo na categoria de dados públicos. Os arquivos foram fornecidos em formato SEGY e contêm 7102 traços, 2550 amostras por traço, 4 milissegundos por amostra. As coordenadas de início e fim são: 729.596 mE e 534.192 mE; e 6.356.210 mS e 6.562.331 mS (Correa, 2016). A linha sísmica que será utilizada é a 0228-0315.

Figura 4: Linha Sísmica do projeto 0228_PELOTAS_4A4B (Sísmico 2D).

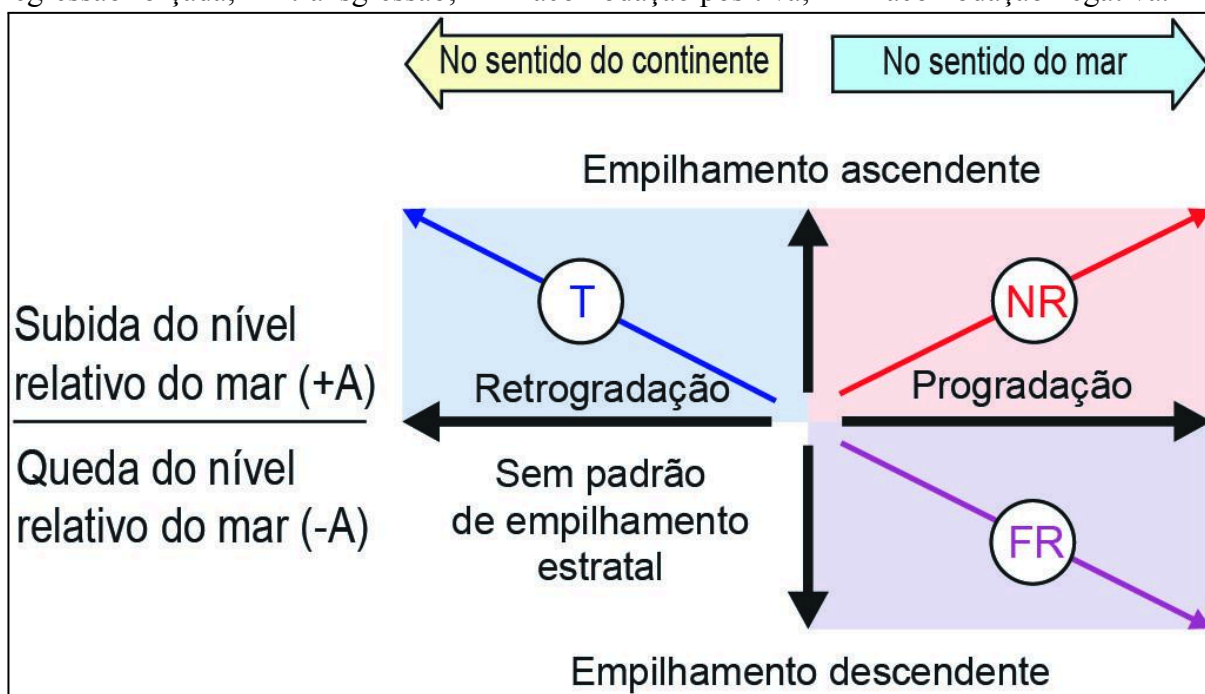


Fonte: Dados das linhas sísmicas advindas da ANP. Mapa criado pela autora, 2025.

3.2 Sismoestratigrafia

A sismoestratigrafia é uma forma de subdivisão do registro estratigráfico baseada na análise de seções ou volumes sísmicos de reflexão. O objetivo é determinar unidades sísmicas, também chamadas de fácies sísmicas. As fácies sísmicas são intervalos do registro estratigráfico que possuem terminações de refletores e configurações internas coerentes entre si e distintas das unidades adjacentes (Ribeiro, 2001). Refletores sísmicos são interfaces ou superfícies que limitam unidades geológicas com impedância acústica similar entre si e distinta da impedância acústica das unidades adjacentes. Portanto, os refletores sísmicos são contatos geológicos e, dessa forma, a interpretação da geometria e da terminação dos refletores permite determinar as trajetórias da linha de costa, definidas por uma combinação de variações laterais e verticais (Fig. 5 Catuneanu, 2019).

Figura 5: Trajetórias da linha de costa, definidas por Catuneanu (2019) como uma combinação de variações laterais e verticais. Abreviações: NR - regressão normal; FR - regressão forçada; T - transgressão; +A - acomodação positiva; -A - acomodação negativa.



Fonte: Imagem retirada e traduzida de Catuneanu, 2019.

Segundo Catuneanu (2019), os padrões de empilhamento são determinados por duas variáveis: (i) a taxa de criação ou destruição de espaço de acomodação e (ii) a taxa de

suprimento sedimentar. Em um contexto de subida do nível relativo do mar, a taxa de acomodação é positiva, portanto, há criação de espaço de acomodação, do contrário, em um contexto de queda do nível relativo do mar, haverá destruição de espaço de acomodação (Fig. 5). O primeiro caso vai acarretar um empilhamento ascendente e o segundo caso um empilhamento descendente. No empilhamento ascendente apenas duas situações podem ocorrer: (1) quando a linha de costa migra no sentido do continente, a taxa de criação de espaço de acomodação supera a taxa de suprimento sedimentar e determina um padrão de empilhamento transgressivo associado a uma retrogradação dos sistemas deposicionais (T na Fig. 5); e (2) quando a linha de costa migra no sentido do mar, a taxa de criação de espaço de acomodação é menor do que a taxa de suprimento sedimentar e determina um padrão de empilhamento regressivo associado a uma progradação dos sistemas deposicionais, que é denominada de Regressão Normal (NR na Fig. 5).

No empilhamento descendente há somente uma situação pode ocorrer, que é progradação associada a uma diminuição do espaço de acomodação, ocasionando um regressão da linha de costa, que é denominada de Regressão Forçada (FR na Fig. 5).

Ao observar padrões de refletividade e as terminações dos refletores, é possível mapear superfícies significativas e agrupar pacotes sedimentares em unidades geneticamente relacionadas, conforme apresentado por Aiello (2018). Essa abordagem é essencial para a compreensão da evolução deposicional de bacias sedimentares, especialmente quando integrada a outros dados geológicos, como perfis de poços.

Para estruturar essa interpretação, a sismoestratigrafia desenvolve-se em três etapas principais: análise de fácies sísmicas, análise de sequências sísmicas e análise das variações relativas do nível do mar. Cada uma dessas etapas é descrita a seguir, conforme proposto por Vail e Mitchum Jr. (1977).

3.2.1 Análise das fácies sísmicas

A análise das fácies sísmicas fundamenta-se na avaliação da continuidade dos refletores e de suas terminações, que são *onlap*, *offlap*, *downlap*, *toplap* e truncamento, conforme descrito abaixo (Fig. 6):

Truncamento: terminação dos refletores inclinados abaixo de uma superfície erosiva.

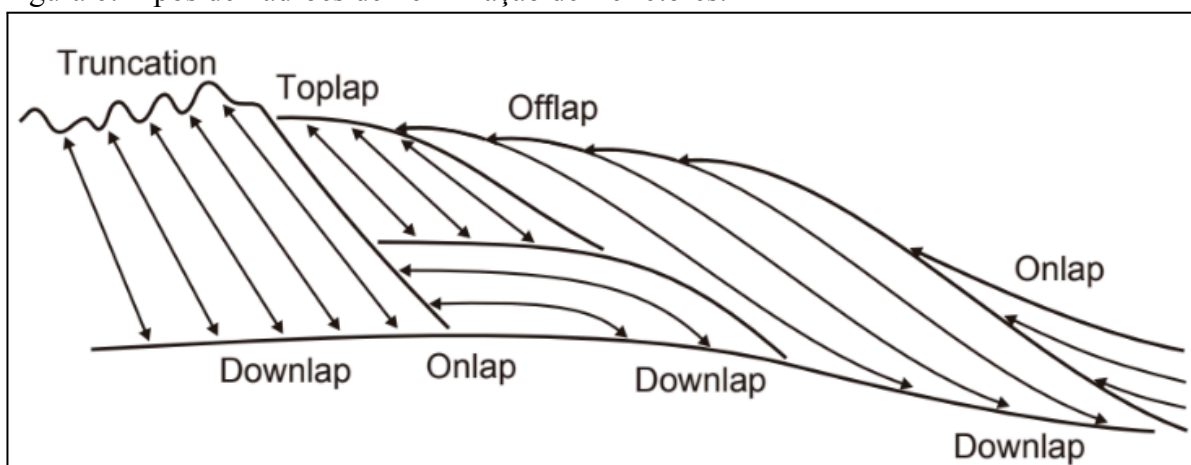
Toplap: terminação dos refletores inclinados abaixo de uma superfície horizontal.

Onlap: terminação dos refletores horizontais acima de uma superfície inclinada, em que cada refletor subsequente está posicionado em empilhamento ascendente.

Offlap: terminação dos refletores horizontais acima de uma superfície inclinada, em que cada refletor subsequente está posicionado em empilhamento descendente.

Downlap: terminação de refletores inclinados, acima de uma superfície horizontal ou inclinada.

Figura 6: Tipos de Padrões de Terminação de Refletores.



Fonte: Catuneanu, 2007.

As terminações de refletores permitem interpretar os diferentes contextos deposicionais e estratigráficos, conforme ilustrado abaixo. Os padrões de empilhamento associados à Regressão Normal (NR), Regressão Forçada (FR) e a Transgressão (T) apresentam combinações características dessas terminações que definem conjuntos específicos de sistemas deposicionais. No contexto da Regressão Normal (NR), observa-se, na Figura 6, duas ocorrências: (1) *onlap* + *downlap* e (2) *toplap* + *downlap*.

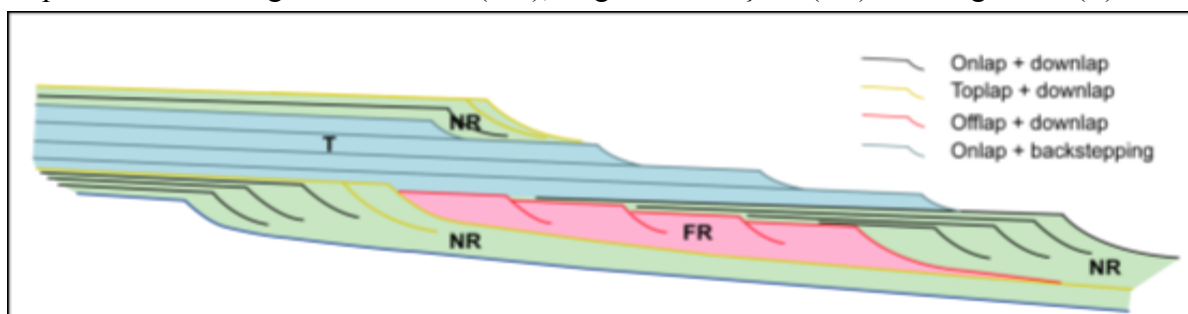
A primeira ocorrência, a combinação de *onlap* + *downlap*, apresenta um cenário onde o nível relativo do mar sobe, porém o suprimento sedimentar supera a taxa de acomodação onde ocorre uma “progradação”, ou seja, aumenta a linha de costa que esta vai em direção ao mar. A junção dos refletores *onlap*, que é gerado na porção proximal onde os sedimentos costeiros e fluviais se sobrepõe progressivamente contra taludes continentais ou superfícies transgressivas formadas anteriormente e *downlap* ocorre na porção distal, ou seja, a geração desse refletor roma rumo para o sentido do mar e isso ocorre simultaneamente apresentada na imagem, o que se entende é uma subida lenta do nível relativo do mar.

O segundo acontecimento, a combinação de *toplap* + *downlap*, expõe uma situação onde a taxa de acomodação e o suprimento sedimentar se igualam, pois não há deposição de sedimentos na plataforma continental próxima à costa. O *toplap* se manifesta na porção proximal da plataforma continental, onde as camadas horizontais terminam subitamente e não são sobrepostas, ou seja, resulta em camadas horizontalizadas com truncamento próximo à plataforma e o *downlap*, por sua vez, ocorre na porção distal, onde os sedimentos inclinados do sistema prográdante terminam contra a base marinha mais antiga onde há o registro do avanço contínuo do sistema sobre a bacia, como apresentado.

A Regressão Forçada (FR) possui apenas um caso, *offlap* + *downlap* que ocorre quando o nível do mar está regredindo apresenta algo semelhante a uma “escada” e isso só acontece porque seu suprimento sedimentar é maior que sua taxa de acomodação e também, segundo Catuneanu, 2019, é comum enxergar erosões fluviais e costeiras. O *offlap* possui um comportamento que segue na direção do continente, e cada camada mais nova termina e fica “alocado” em outra camada, e a mesma acaba se tornando uma camada antiga e esta acaba sendo exposta, ou seja, uma erosão nas camadas mais antigas. O *downlap* terá o mesmo comportamento, onde suas camadas inclinadas terminarão em direção ao mar na parte mais distante.

Por fim, a Transgressão (T) possui apenas um evento, o *onlap* + *backstepping*. Há um aumento do nível relativo do mar que supera o suprimento sedimentar, fazendo com que a linha de costa seja “empurrada” para dentro do continente. O *onlap* apresenta os sedimentos marinhos mais jovens retrogradando e sobrepondo outras superfícies, ou seja, marca a expansão do ambiente marinho sobre áreas anteriormente continentais. O *backstepping* é o padrão de empilhamento onde sucessivas unidades deposicionais são empilhadas progressivamente no sentido do continente.

Figura 7: Relação entre os padrões de terminação dos refletores e os padrões de empilhamento de Regressão Normal (NR), Regressão Forçada (FR) e Transgressão (T).



Fonte: Adaptada de Catuneanu (2019).

3.2.2 Estratigrafia de Sequências

Segundo Catuneanu (2006), a Estratigrafia de Sequências integra conceitos da sedimentologia, geofísica, geomorfologia e análise de bacias, permitindo a reconstrução da arquitetura deposicional em três e quatro dimensões. Essa abordagem viabiliza a identificação de tratos de sistemas e superfícies-chave, essenciais para interpretar os ciclos sedimentares associados às oscilações do nível relativo do mar, sejam estas de origem eustática, tectônica ou climática. Quando integrados a dados de poços e afloramentos, os padrões de empilhamento e terminações sísmicas fornecem um arcabouço cronoestratigráfico mais robusto do que aquele baseado apenas em correlações litológicas ou bioestratigráficas.

As superfícies-chave representam os limites fundamentais na Estratigrafia de Sequências, demarcando momentos de mudanças no regime deposicional, geralmente causados por variações no nível relativo do mar. De acordo com Catuneanu (2006), essas superfícies servem como as principais referências para subdividir o registro estratigráfico em unidades de origem comum, permitindo a reconstrução da história de acomodação e sedimentação de uma bacia.

Principais superfícies de correlação sismoestratigráfica:

- **Superfície de Discordância (SD):** caracteriza uma interrupção significativa no registro sedimentar, resultante de erosão subaérea ou não deposição. Em dados sísmicos é identificada por truncamentos ascendentes e um nítido contraste de amplitude (Catuneanu, 2006);
- **Superfície de Inundação Máxima (SIM):** representa o ápice de um evento transgressivo, quando a taxa de criação de espaço de acomodação supera a sedimentação. Apresenta-se como refletores concordantes, contínuos e de alta amplitude (Catuneanu, 2006; Castillo, 2009);
- **Superfície de Regressão Máxima (SRM):** refina o ponto de transição entre a progradação e a retrogradação do sistema deposicional, que está associado a uma inflexão na trajetória da linha de costa (Catuneanu, 2006);
- **Superfície Basal de Regressão Forçada (SBRF):** marca o início da exposição subaérea e da sedimentação em um regime de regressão forçada. É identificada

como uma superfície de erosão sutil com padrões de truncamento descendentes (Catuneanu, 2006).

Como elementos temporais e genéticos, essas superfícies permitem a subdivisão do pacote sedimentar em tratos de sistemas que por sua vez, refletem estágios distintos na variação do espaço de acomodação.

Portanto, a identificação e o mapeamento dessas superfícies-chave em dados sísmicos são etapas essenciais para a construção de um modelo deposicional coerente e para a correlação de unidades em escala regional. Ao serem integradas aos padrões de empilhamento estratigráfico e às trajetórias da linha de costa, elas constituem a base para a análise sismoestratigráfica e para a interpretação da evolução tectono-sedimentar da bacia em questão.

3.2.3 Tratos de Sistemas

Os tratos de sistemas correspondem a conjuntos de rochas geneticamente relacionadas, delimitadas por superfícies-chave que registram fases específicas do ciclo de variação do nível de base. Conforme definido por Catuneanu (2006), os quatro tratos principais são: Trato de Sistema de Nível Alto (TSNA), Trato de Sistema de Nível Baixo (TSNB), Trato de Sistema Transgressivo (TST) e Trato de Sistema de Estágio de Queda (TSEQ). Cada um reflete um equilíbrio dinâmico entre a taxa de acomodação e a variação do espaço de acomodação, o que resulta em padrões sísmicos de empilhamento característicos.

Características dos tratos de sistemas, segundo Catuneanu, 2006:

- **Trato de Sistema de Nível Alto:** corresponde ao estágio em que a taxa de sedimentação excede a criação de espaço de acomodação, resultando um empilhamento progradacional e na migração da linha de costa para as bacias;
- **Trato de Sistema de Nível Baixo:** desenvolve-se durante ou imediatamente após uma queda no nível relativo do mar, sendo caracterizado por geometrias progradacionais e terminações do tipo *onlap* ascendente sobre a superfície de regressão forçada;

- **Trato de Sistema Transgressivo:** forma-se durante a elevação do nível relativo do mar, quando o aumento de espaço de acomodação supera a sedimentação, resultando em um padrão retrogradacional. É identificado por refletores concordantes e contínuos, limitados na base por uma superfície de discordância (SD) e no topo pela superfície de inundação máxima (SIM);
- **Trato de Sistema de Estágio de Queda:** introduzido por Hunt e Tucker (1992) e incorporado por Catuneanu, 2006, este trato forma-se durante a queda do nível de base, sendo marcado por truncamentos, superfícies erosivas internas e deposição em contexto de regressão forçada.

Em dados sísmicos, a identificação desses tratos é baseada em suas geometrias internas distintas sendo progradacionais, retrogradacionais ou agradacionais, que se distribuem entre superfícies como a de discordância e a de inundação máxima.

Os tratos de sistemas representam, portanto, a conexão direta entre a resposta sísmica e os processos sedimentares. Sua correta identificação permite interpretar a evolução deposicional ao longo do tempo e reconstruir as variações do nível relativo do mar, sendo fundamental para a caracterização estratigráfica e para a avaliação do potencial exploratório da bacia.

3.2.4 Padrões Geométricos das Sismofácies

A geometria da sismofácie refere-se à forma tradicional e à extensão tridimensional de como os sedimentos estão posicionados após a regressão e progressão do nível relativo do mar e esta disposição é identificada e apresentada em dados sísmicos.

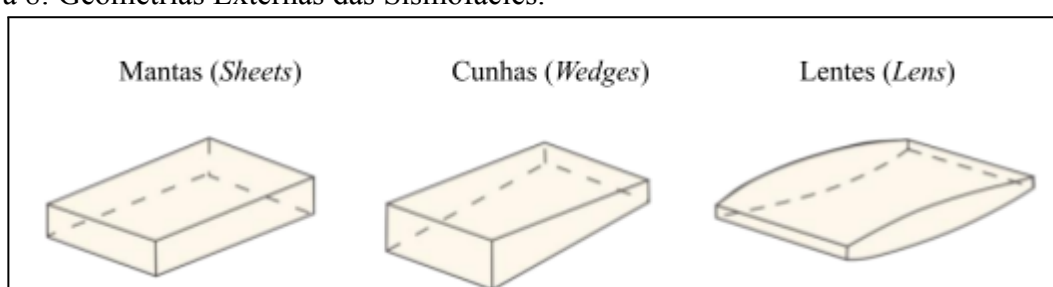
A análise desses tipos geométricos são fundamentais para inferir os processos geológicos que lhe deram origem. Segundo Carrillo (2021) os principais padrões geométricos das sismofácies são:

- **Mantas (Sheets)** são feições as quais possuem corpos de grande extensão lateral, cujo preenchimento interno pode apresentar reflexões paralelas, progradantes ou divergentes;

- **Cunhas (Wedges)** é uma estrutura caracterizada por um aumento de volume gradual em uma direção, normalmente indicando uma distribuição de sedimentos a partir de sua fonte de alimentação sedimentar;
- **Lentes (Lens)** essa feição possui uma configuração com espessura máxima no centro do corpo e diminui ao se aproximar das suas bordas, geralmente associadas a formas progradantes isoladas.

A figura 8 apresenta a disposição de cada geometria explicada anteriormente.

Figura 8: Geometrias Externas das Sismofácies.



Fonte: Adaptado de Carrillo (2021).

3.2.5 Configuração Interna

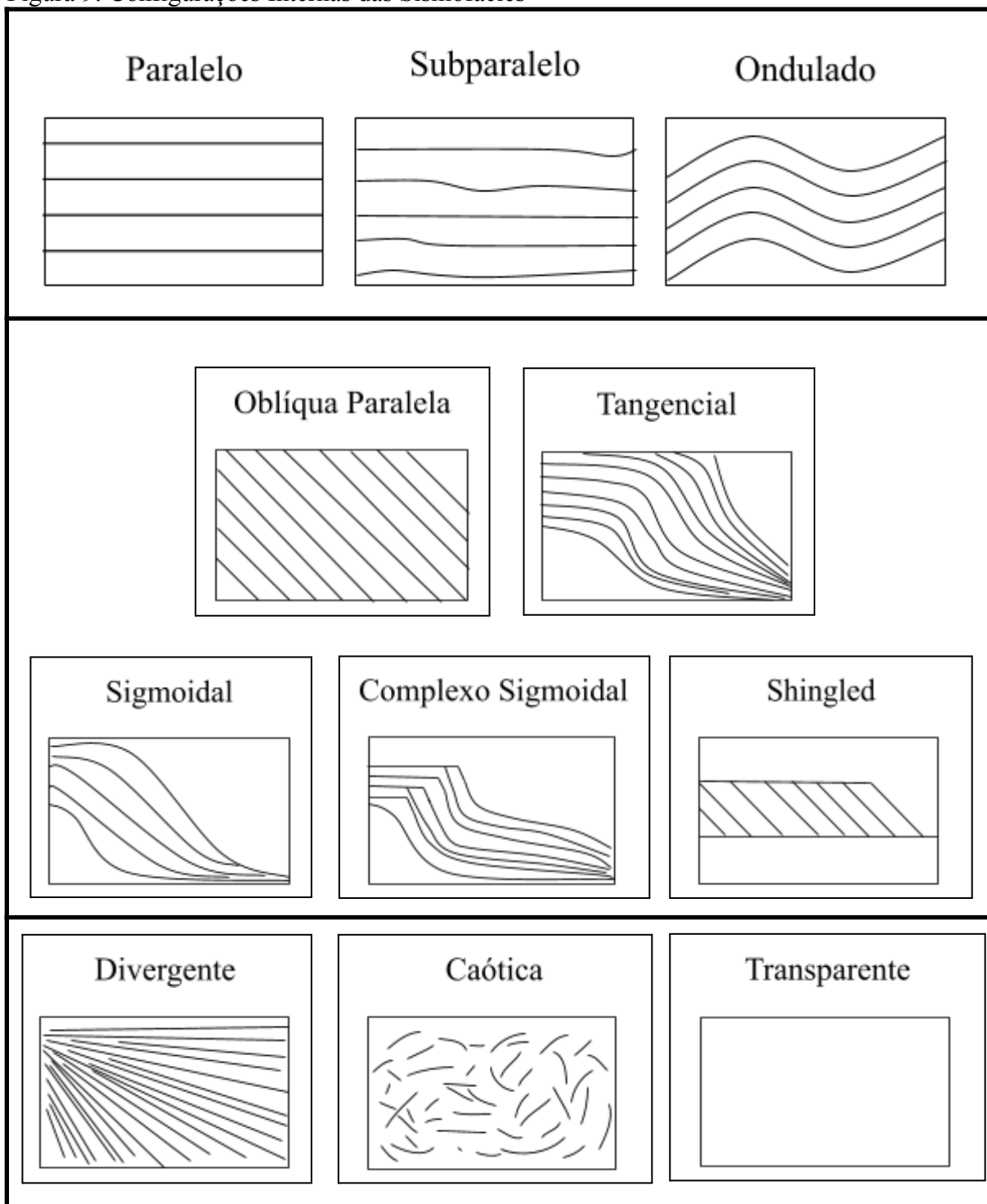
A configuração interna dos refletores sísmicos, que representam o arranjo e o comportamento das reflexões dentro de uma unidade sísmica, é um dos parâmetros mais importantes para a identificação de sismofácies. As principais configurações, seus significados geológicos e sua representação serão apresentadas na figura 9:

- **Paralelas, Subparalela e Ondulada:** São reflexões que se dispõem de forma paralela, com boa continuidade e amplitude. Esta configuração indica um regime deposicionais de suprimento sedimentar uniforme em uma superfície estável ou sob subsidência gradual e regular (Ribeiro, 2001).
- **Progradante:** É o conjunto de refletores sísmicos que se sobrepõem lateralmente, montando superfícies inclinadas conhecidas como clinofomas, essas são subdivididas com base na sua morfologia.
 - **Oblíqua Paralela:** Apresenta um ângulo de mergulho alto, possuindo terminações em *toplap* no topo e *downlap* na base (Ribeiro, 2001).

- **Tangencial:** Segundo Ribeiro, 2001, esta reflexão é caracterizada por um mergulho suave conhecido como *foreset*, que é definido, segundo Suguio, 2003, camadas inclinadas que constituem as unidades fundamentais das estratificações cruzadas que são denominadas, também, como camadas frontais, na direção da progradação.
- **Sigmoidal:** São reflexões com o formato de “S”, com *downlap* na base e paralelismo ou *toplap* no topo, que indica uma deposição em um ambiente de equilíbrio (Ribeiro, 2001).
- **Complexo Sigmoidal:** De acordo com Ribeiro, 2001, esta reflexão sísmica é a combinação dos padrões sigmoidal e oblíquo dentro de uma única fácies, originado em ambientes de alta energia com alternância entre deposição e bypass ausência de deposição sedimentar em uma área durante um intervalo de tempo.
- **Shingled:** É um padrão de progradação de baixa espessura, com o topo e a base paralelos e no seu interior há refletores internos de mergulho suave com terminação em *toplap* e *downlap* comum em ambientes de águas rasas (Ribeiro, 2001).
- **Divergente:** É caracterizada pela divergência ou convergência dos refletores, que resulta em uma variação lateral de espessura da unidade em questão. Este padrão sugere uma variação espacial no suprimento sedimentar ou uma inclinação progressiva do sedimento (Ribeiro, 2001).
- **Caótica:** Segundo Ribeiro, 2001, a reflexão se apresenta com discontinuidades, discordantes e desorganizadas, indicando ambientes de alta energia e variabilidade, com deformações pós-deposicionais ou penecontemporâneas. Nessa área pode incluir zonas falhadas, dobras e estruturas de escorregamento ou convolutas, segundo Salamuni, a camada de cima desliza sobre a camada inferior.
- **Transparente:** Isso ocorre quando há ausência ou baixíssima quantidade de reflexões, gerado pelo pouco contraste de impedância acústica. Este padrão é típico de unidades litológicas homogêneas e/ou não estratificadas, como

folhelhos maciços, arenitos espessos, carbonatos maciços, corpos de sal, rochas ígneas ou mesmo sedimentação rápida e uniforme de argilas (Ribeiro, 2001).

Figura 9: Configurações Internas das Sismofácies



Fonte: Autora, 2025.

3.3 Software OpendTect

O *software* OpendTect é um sistema de código aberto, permite a visualização, análise e interpretação de dados sísmicos 2D, 3D e 4D em arquivo SEG-Y, é um padrão de intercâmbio de dados sísmicos amplamente utilizado na indústria de petróleo e geofísica. Desenvolvido inicialmente em 1975, a versão Rev 2.0, publicada em 2017, apresentou melhorias significativas para suportar dados modernos de aquisição sísmica 2D, 3D e 4D, além de dados de sensores multicomponente, eletromagnéticos, gravimétricos e rotacionais (dGB Earth Sciences, 2022).

Neste trabalho este programa é de extrema importância pois possibilita a visualização da linha 0228-0315. Nesse sistema operacional pode-se gerar amarrações de poço x sísmica e quando pago ou quando obtêm-se a licença acadêmica, é possível utilizar atributos adicionais os quais permitem modificar as cores da linha sísmica, apresentar feições não visíveis usando outros tipos de parâmetros. A utilização do *software* complementa a interpretação sismoestratigráfica clássica, que realça as feições encontradas na própria arquitetura deposicional. Por aconselhamento foi aplicado uma técnica de *Dip-Steering* (Direcionamento do Mergulho). Este conceito, implementado via *plugin* no *Software* OpendTect, permite uma análise volumétrica e orientada estruturalmente dos dados sísmicos, indo além da simples visualização de amplitudes.

3.3.1 Técnica de Processamento e Análise *Dip-Steering*

O *Dip-Steering* é uma técnica de processamento e análise que calcula, para cada ponto do volume sísmico, a direção e a magnitude do mergulho aparente dos refletores. Esses valores são armazenados em um volume 3D denominado *SteeringCube* (Cubo de Direcionamento).

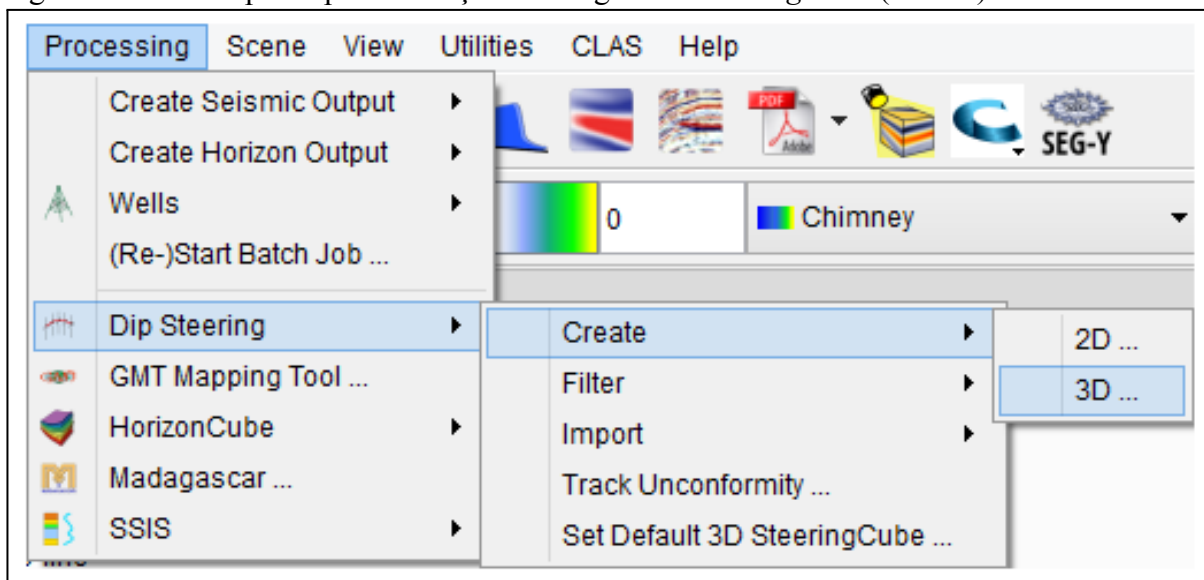
Este cubo trabalha como um mapa-guia da estrutura sísmica, permitindo:

- **Filtragem Estrutural Orientada (Structurally-oriented filtering)** é a aplicação de filtros (por exemplo: mediana, difusão) que seguem a direção dos refletores, preservando ou realçando as bordas, como falhas, e suprimindo o ruído;

- **Cálculo de Atributos Aprimorados (Calculating Some Unique Attributes)** é a extração de atributos multi-traços (por exemplo: similaridade, curvatura) ao longo da direção do mergulho, que gera imagens mais nítidas e geologicamente coerentes;
- **Rastreamento Automático de Horizontes (Auto-Tracking of Single Horizons)** este fornece algoritmos de rastreamento semiautomático, como o que gera o *HorizonCube* (Um volume que conecta automaticamente múltiplos refletores sequenciais), facilitando a interpretação.

Esse fluxo conceitual se inicia com um *SteeringCube* de fundo, *Background*, que captura o mergulho regional, sendo ideal para a filtragem. Em seguida gera-se um *SteeringCube* detalhado, que preserva os mergulhos locais associados a falhas ou estruturas sedimentares, na qual serviu de base para a extração de atributos avançados e para a geração do *HorizonCube* e para gerar o *SteeringCube* (2D/3D), procure no menu principal o título de *processing* para iniciar a criação e filtragem.

Figura 10: Passo a passo para a criação e filtragem do *SteeringCube* (2D/3D).



Fonte: DGB Earth Science. 2002 - 2022. OpendTect User Documentation version 6.6.0.

Seleciona-se de dados de entrada para ser criado e processado e geralmente é utilizado um dado ou volume sísmico. Há três tipos de algoritmo de direcionamento que são compatíveis:

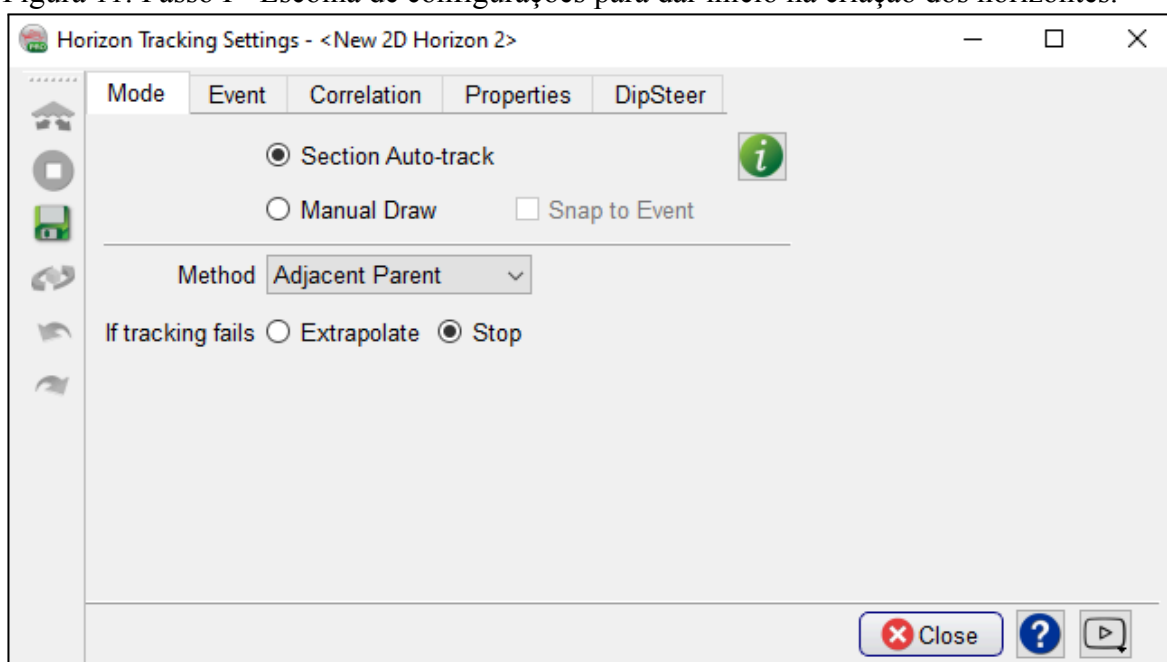
- **Análise de Componentes Principais (PCA)** é um método alternativo utilizado para estimar as componentes principais da variação dos dados sísmicos em uma janela 3D definida. Seu principal objetivo e diferencial é a incorporação de um suavizamento

estrutural intrínseco, o que resulta em estimativas de mergulho e azimute naturalmente mais estáveis e suaves. Conforme descrito no documento do OpendTect (dGB, 2022), esta técnica apresenta uma vantagem de ser computacionalmente mais rápida utilizando um conjunto de dados maiores e, geralmente, não requer etapas adicionais de filtragem por mediana para eliminação de ruídos pontuais;

- **Fase-gradiente** é um algoritmo rápido desenvolvido pela BG, no qual fundamenta-se na análise do gradiente dos dados de amplitude, tanto na vertical como na horizontal e é suscetível ao ruído, o que pode ser superado adicionando um filtro de mediana ou média (dGB, 2022);
- **Transformada Rápida de Fourier (FFT)** é um algoritmo que calcula o mergulho em um pequeno sub-volume definido pelos *steps-outs*, que são intervalos de busca, na procura de maior energia no domínio de Fourier 3D.

A partir da figura 11 até a figura 13, será apresentado como gerar o *HorizonteCube*, com o objetivo de rastrear as superfícies-chave e para isso ocorrer, a primeira etapa é escolher o Modo (*Mode*), que apresentará dois tipos de criação do horizonte o *Section Auto-track* que, de maneira automática, utiliza as informações dos refletores sísmicos com o fim de traçar uma linha, que no fim se tornará uma superfície-chave ou *Manual Draw* que utiliza a interpretação sismoestratigráfica clássica e nesta etapa foi escolhido o *Section Auto-track*.

Figura 11: Passo I - Escolha de configurações para dar início na criação dos horizontes.

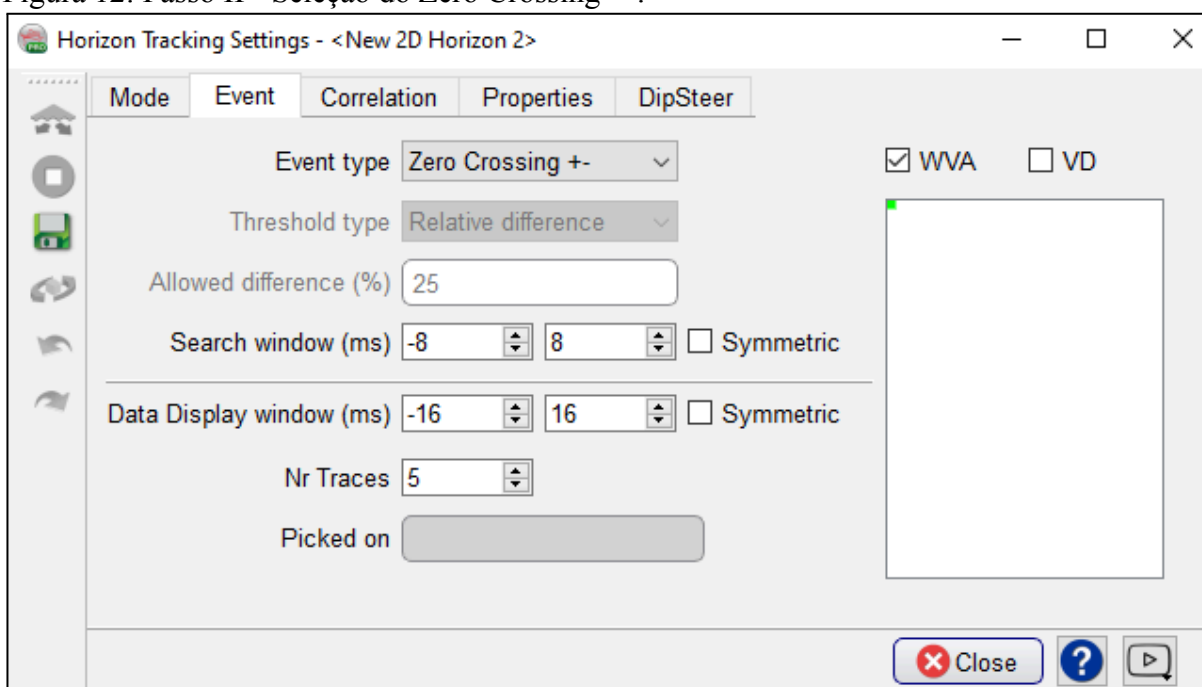


Para gerar o *HorizonteCube* é necessário ter criado alguns horizontes de referência. Neste estudo, optou-se pelo uso do modo *Section Auto-track*, que permite um rastreamento automático e preciso dos refletores ao longo da linha sísmica. Essa escolha foi estratégica para garantir maior confiabilidade na interpretação, uma vez que a qualidade do *HorizonteCube* depende diretamente da acurácia e suavidade do *SteeringCube* de entrada.

Ao utilizar o algoritmo PCA (Análise de Componentes Principais), obtivemos um suavizamento estrutural integrado, que gerou um campo de mergulho consistente e estável. Permitiu que o algoritmo de rastreamento seguisse os refletores de forma eficiente, mesmo em trechos com amplitude sísmica moderada, assegurando a continuidade e confiabilidade das superfícies interpretadas.

Em seguida, foi escolhido e aplicado o parâmetro *Zero Crossing +/-*, apresentado na figura 12, que detecta automaticamente as transições dos refletores sísmicos de valores positivos para negativos, passando pelo ponto zero (0). Essa técnica é fundamental para identificar com precisão as interfaces entre as camadas geológicas, refinando ainda mais o mapeamento dos horizontes e validando a arquitetura sismoestratigráfica delineada.

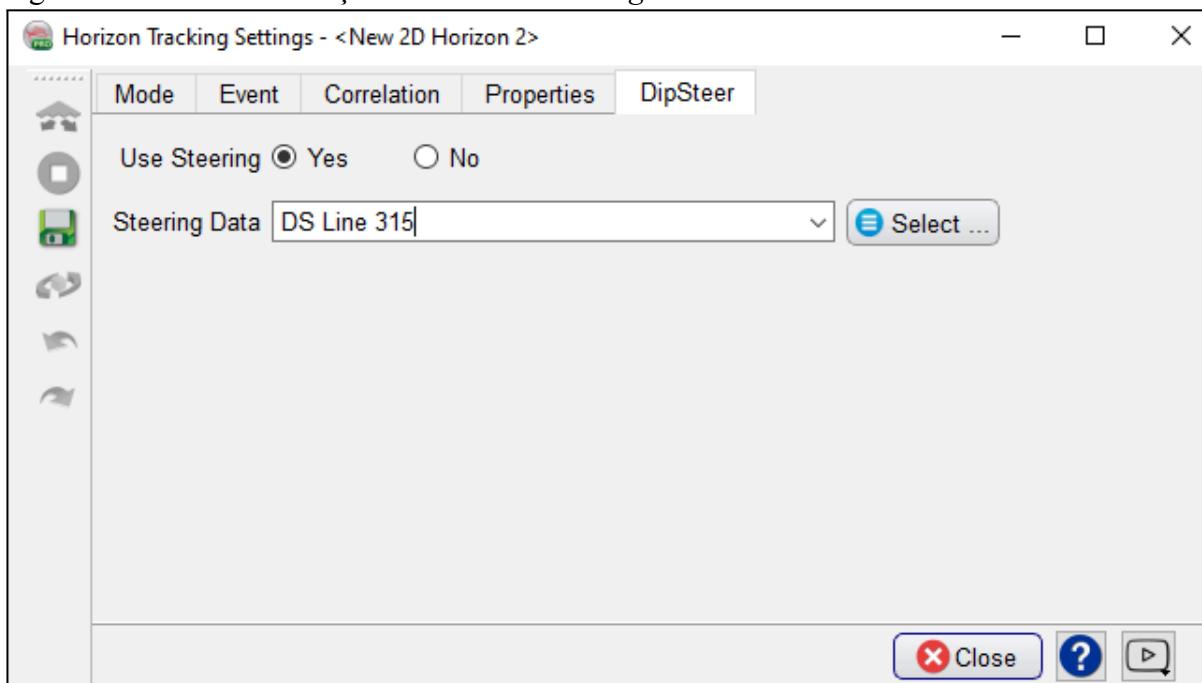
Figura 12: Passo II - Seleção do Zero Crossing +/-.



Fonte: Autora, 2025.

Mantém-se a *Correlation* e *Properties*, e no *DipSteer* habilitar o *Use Steering* e selecionar o dado no *Steering Data*, que neste caso foi o *DS Line 315* (figura 13).

Figura 13: Passo III - Seleção do dado no *Steering Data*.



Fonte: Autora, 2025.

Terminando o passo III, obtém-se a base para a geração do *HorizonteCube* e correlacionar com os horizontes criados anteriormente. Para este trabalho, este programa auxiliou e facilitou a análise da linha em questão, ajudando na compreensão, em conjunto com todas as informações de trabalhos e estudos anteriores e com orientações de profissionais da área.

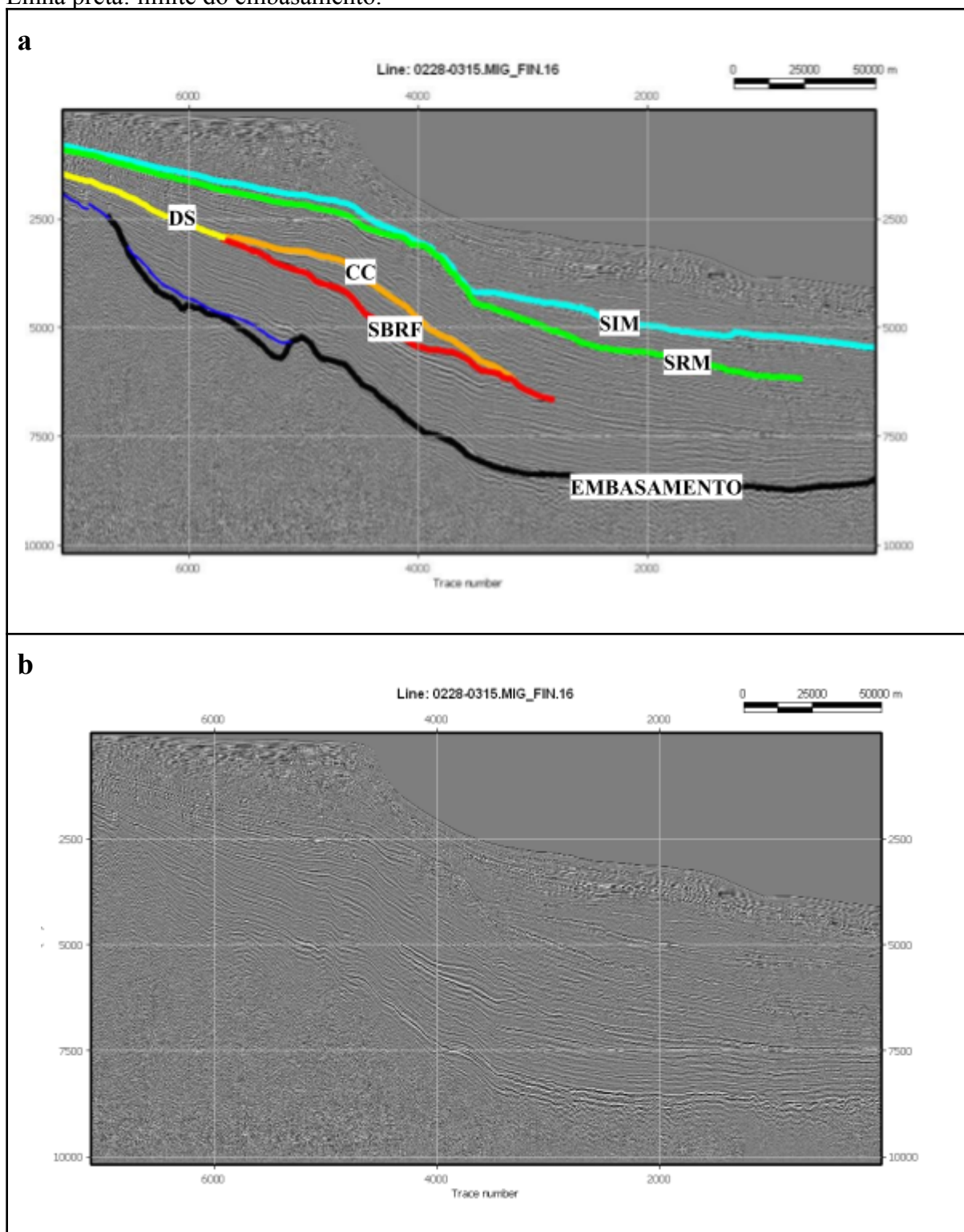
4 RESULTADOS

4.1 Resultados do Relatório da Iniciação Científica

As figuras deste capítulo advém do relatório da iniciação científica. Foi utilizado a mesma linha sísmica, na figura 14a observa-se a seção sísmica original, enquanto a figura 14b exhibe a interpretação correspondente, destacando a delimitação das superfícies-chave identificadas.

Inicialmente, delimitou-se o embasamento cristalino (linha preta) e o limite inferior dos depósitos da fase drifte (linha azul escuro), Figura 14b. A partir dessa base, a interpretação estratigráfica permitiu identificar as superfícies-chave na seção sísmica. A delimitação das superfícies-chave (Figura 14b) foi realizada a partir da análise dos padrões de terminação dos refletores e das mudanças nos arranjos de empilhamento sedimentar, conforme os princípios da Estratigrafia de Sequências. Esse procedimento possibilitou a identificação da Superfície de Inundação Máxima (SIM), da Superfície de Regressão Máxima (SRM), da Discordância Subaérea (DS), da Superfície Basal de Regressão Forçada (SBRF) e da Conformidade Correlativa (CC). A seguir, apresentam-se os critérios utilizados para a definição de cada uma dessas superfícies na linha sísmica 0228-0315.

Figura 14: Resultados anteriores da linha 0228-0315 com atributo de Similaridade. Seção sísmica 0228-0315. a) seção sísmica original; b) seção sísmica interpretada com a delimitação das superfícies estratigráficas: Superfície de Inundação Máxima (SIM - linha azul turquesa); Discordância Subaérea (DS - linha amarela); Superfície de Regressão Máxima (SRM - linha verde); Superfície Basal de Regressão Forçada (SBRF - linha vermelha); Conformidade Correlativa (CC - linha laranja). Linha azul escuro: limite inferior dos depósitos da fase drifte. Linha preta: limite do embasamento.



Fonte: Rocha, 2024.

A Superfície de Inundação Máxima é identificada por terminações em *onlap* e empilhamento retrogradacional abaixo, enquanto refletores acima tendem a terminar em *downlap* contra a superfície. Essa associação de padrões de terminação e mudanças no arranjo deposicional constitui o critério principal para sua delimitação. Em termos da curva relativa do nível do mar, a SIM representa o ponto de máxima transgressão marinha, indicando o momento em que o mar atingiu sua posição mais interna sobre o continente e a lâmina d'água atingiu sua maior profundidade relativa.

A Superfície de Regressão Máxima é reconhecida pela transição entre pacotes progradacionais abaixo e *onlaps* retrogradacionais acima, que terminam contra a superfície. Em termos da curva relativa do nível do mar, corresponde ao ponto de máxima regressão, quando a linha de costa alcança sua posição mais distal, antecedendo o início da fase transgressiva.

A Superfície Basal de Regressão Forçada foi identificada pela ocorrência de *downlap* de refletores progradacionais contra superfícies subjacentes. A geometria observada evidencia a instalação de uma fase de regressão forçada. Embora em contextos de plataforma os *downlaps* tendem a se orientar predominantemente em direção à bacia, nesta bacia verificam-se também terminações orientadas em direção ao continente, associadas a sistemas gravitacionais no talude, sugerindo a atuação de fluxos de massa e correntes de turbidez na construção de leques submarinos.

Na porção inferior da sucessão foi identificado um leque de assoalho de geometria lenticular, mais espesso na parte central e adelgaçando-se nas extremidades, situado no sopé do talude e no início da bacia profunda. Esse depósito ocorre cronologicamente abaixo da regressão forçada, o que difere do modelo clássico de estratigrafia de sequências, no qual os leques de assoalho costumam se desenvolver durante o TSNB, posteriormente aos leques de talude. Sua posição basal sugere que este leque não integra o TSEQ, mas representa um episódio de sedimentação gravitacional em condições de estabilidade relativa ou de queda incipiente do nível do mar, possivelmente retrabalhado por correntes de fundo, o que reforça seu caráter distinto em relação ao modelo ideal.

A Discordância Subaérea foi identificada na porção proximal da linha sísmica por truncamentos ascendentes e terminações em *toplap* de refletores mais antigos, sobre os quais refletores mais jovens terminam em *onlap*. Essa superfície registra a erosão subaérea

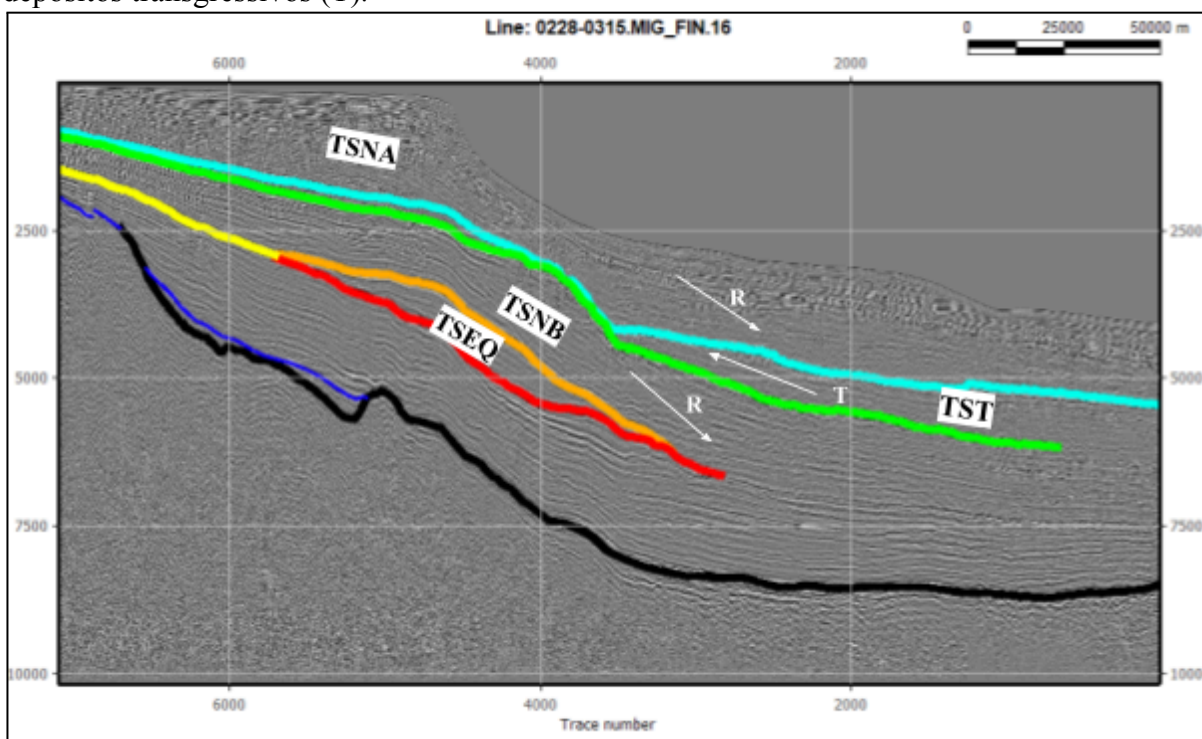
associada a quedas relativas do nível do mar. Na curva relativa do nível do mar, a DS corresponde ao intervalo de regressão forçada em que a descida do nível do mar expõe a plataforma, removendo parte do registro sedimentar.

A Conformidade Correlativa foi reconhecida na porção mais distal da linha sísmica pela continuidade lateral dos refletores concordantes, sem expressão erosiva. Essa superfície funciona como o equivalente em águas profundas da Discordância Subaérea, garantindo a correlação estratigráfica em escala regional e, portanto, representando o registro preservado da regressão forçada em setores mais distais da bacia.

Com essas superfícies estabelecidas, tornou-se possível subdividir a sucessão sedimentar em tratos de sistemas, interpretados em função de sua posição relativa (Figura 15). Dessa forma, reconheceu-se uma grande sequência transgressivo-regressiva, composta pelos seguintes tratos:

- **Trato de Sistema de Estágio de Queda (TSEQ)** — limitado pela TSEQ e pela CC, forma-se durante o estágio de queda do nível de base, quando esse nível decresce em relação à superfície da terra, gerando um ambiente erosivo em terra e forçando a regressão da linha de costa;
- **Trato de Sistema de Nível Baixo (TSNB)** — delimitado pela DS, pela CC e pela SRM, corresponde ao estágio inicial de elevação do nível de base, quando este ainda se encontra em posição baixa e a taxa de sedimentação supera a taxa de criação de acomodação, resultando em depósitos progradacionais típicos de regressão normal;
- **Trato Transgressivo (TST)** — compreendido entre a SRM e a SIM, forma-se durante o estágio de elevação acelerada do nível de base, quando a taxa de criação de acomodação excede a taxa de sedimentação, resultando em retrogradação da linha de costa;
- **Trato de Sistema de Nível Alto (TSNA)** — desenvolvido acima da SIM, forma-se durante o estágio tardio de elevação do nível de base, quando a taxa de sedimentação supera a taxa de criação de acomodação, promovendo nova progradação costeira e regressão normal.

Figura 15: Na seção sísmica 0228-0315, foi interpretada com o objetivo de delimitar os tratos de sistema, que são o TSEQ, TSNB, TST e TSNA e delimitar os depósitos regressivos (R) e depósitos transgressivos (T).



Fonte: Rocha, 2024.

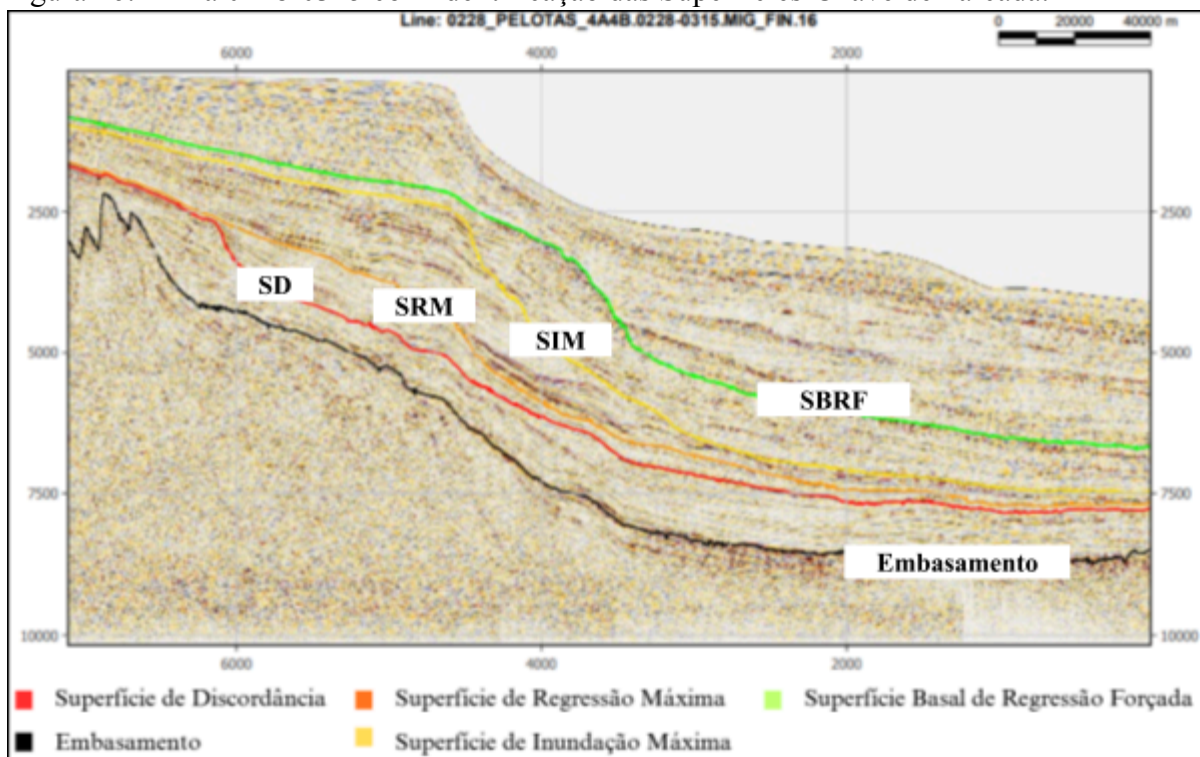
4.2 Resultados Obtidos

Baseando nos resultados anteriores e na metodologia aplicada, a interpretação sismoestratigráfica realizada ao longo da Linha 0228-0315, linha sísmica pertencente à Bacia de Pelotas, permitiu encontrar, juntamente com o software OpendTect, os principais horizontes sísmicos, as superfícies-chave e os tratos de sistemas que fazem parte do registro deposicional desta porção da margem continental sul-brasileira. Esta análise comparativa possui quatro etapas de interpretação que forneceu uma compreensão consistente da história deposicional da bacia:

- Análise da Linha Original;
- Identificação das Superfícies-Chave;
- Delimitação dos Tratos de Sistema; e
- Apresentar os Padrões de Terminação.

Na Linha 0228-0315, apresentada na figura 16, observa-se a transição da margem continental, no lado esquerdo, em direção ao oceano, no lado direito, salientando um arcabouço sísmico típico de margens passivas desenvolvidas após a ruptura continental.

Figura 16: Linha 0228-0315 com identificação das Superfícies-Chave demarcada.



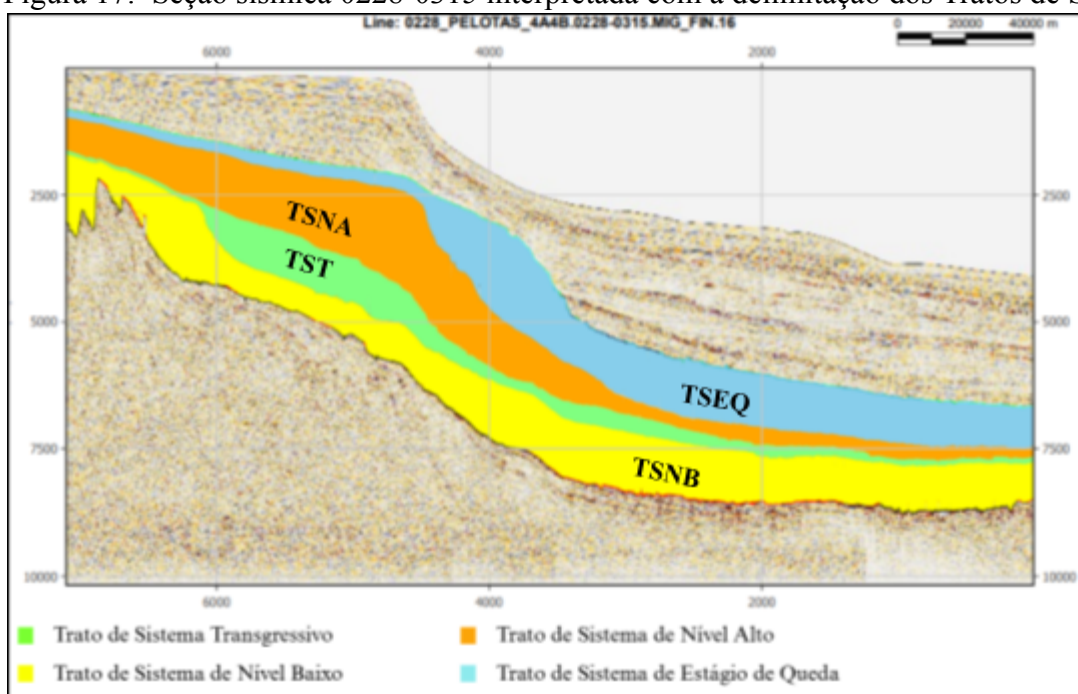
Fonte: Autora, 2025.

A base do perfil é caracterizada por um pacote de reflexões caóticas e descontínuas, que são atribuídas ao embasamento pré-rifte, sobre o qual surgiram os primeiros depósitos sedimentares, acima do embasamento, apresenta um conjunto de refletores divergentes e inclinados que estão relacionados ao trato Drifte que foi formado durante uma fase de tectonismo ativo de subsidência e alongamento crustal. Nessa parte apresenta o espessamento para o centro da bacia, refletindo sua deposição controlada por uma falha e acúmulo de rochas tectônicas.

A superfície que sobrepõe o trato Drifte corresponde à Superfície de Discordância, que marca o limite entre o embasamento e a fase drifte. Essa discordância é reconhecida pelas terminações de truncamento abaixo e *onlap* acima, apresentados na figura 17, representando uma importante descontinuidade de caráter erosivo, que registra a queda relativa do nível do mar e o início de uma nova sequência deposicional. A partir deste horizonte, predomina o controle eustático, ou seja, o empilhamento deposicional torna-se mais organizado lateralmente.

Acima da SD ocorre o Trato de Sistema de Nível Baixo, na figura a seguir, caracterizado por refletores progradacionais com padrão *downlap* em direção à bacia. Essa fase representa a retomada da sedimentação após a descida do nível do mar, com deposição concentrada em áreas mais distais e erosão próxima à plataforma. Seu topo é delimitado pela Superfície de Regressão Máxima, que marca o ponto de máxima progradação da linha de costa antes da transgressão seguinte.

Figura 17: Seção sísmica 0228-0315 interpretada com a delimitação dos Tratos de Sistemas.



Fonte: Autora, 2025.

A sucessão acima da SRM é denominada pelo Trato de Sistema Transgressivo, identificado pelas terminações em *onlap* ascendentes e pela presença de refletores mais paralelos e contínuos. Essa configuração indica o aumento da acomodação sedimentar e o avanço do mar para a plataforma, chegando até a Superfície de Inundação Máxima de alta continuidade lateral, registrando o momento de máxima profundidade marinha e a mínima taxa de sedimentação clástica.

Sobre a SIM desenvolve-se o Trato de Sistema de Nível Alto, reconhecido por padrões progradacionais e agradacionais. Este trato representa o restabelecimento do equilíbrio entre a taxa de suprimento sedimentar e a taxa de acomodação, com a deposição de sedimentos sendo sustentada em direção à bacia e o empilhamento regressivo suave. O topo da TSNA é limitado pela Superfície Basal de Regressão Forçada identificada na figura 20. Essa superfície se destaca por refletir a erosão proximal e deposição distal, que é resultado de uma queda

rápida do nível relativo do mar, responsável pela gênese do Trato de Sistema de Estágio de Queda.

O TSEQ exhibe refletores inclinados e truncados, denotando progradação forçada e *bypass* sedimentar. Essa parte encerra o ciclo deposicional identificado, se preparando para o novo desenvolvimento de uma nova sequência sedimentar, potencialmente separada por nova discordância.

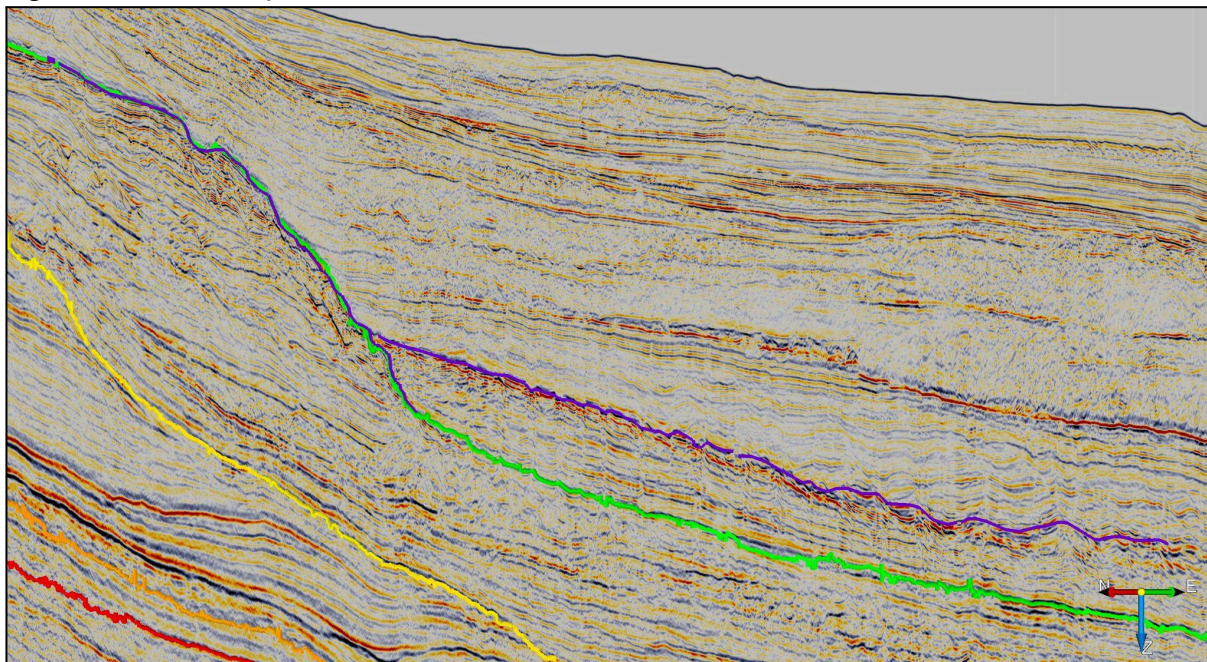
4.2.1 Identificação dos Padrões de Terminação e Delimitação dos Tratos de Sistema

A interpretação sismoestratigráfica fundamenta-se na correta identificação dos padrões de terminação dos refletores, os quais definem as superfícies-chave e os limites dos tratos de sistema. A análise detalhada da linha 0228-0315 permitiu o mapeamento sistemático dessas terminações, conforme ilustrado nas figuras abaixo.

4.2.1.1 Identificação da Discordância e do *Toplap*

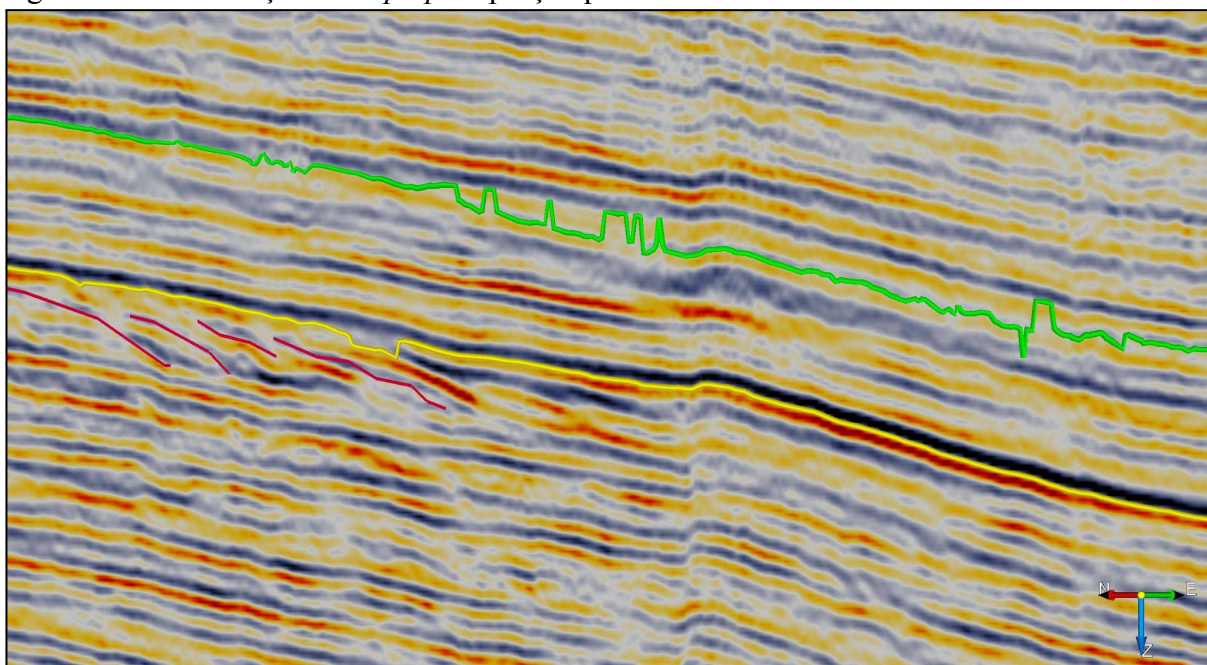
Figuras 18 e 19 apresentam que porção proximal da linha, ao lado esquerdo, em direção ao continente, a SD é claramente identificada por um padrão de truncamento, marcadas com o traço na cor roxa. Nesta feição, os refletores inclinados mais antigos são cortados subitamente por uma superfície erosiva, registrando um período de queda do nível relativo do mar, exposição subaérea e erosão da plataforma. Na figura 19, abaixo desta superfície, nas porções distais da plataforma, observa-se o padrão *toplap*, marcadas com traço na cor rosa, onde os refletores progradacionais terminam contra a SD de forma concordante. Esta configuração é típica do topo de um pacote regressivo, indicando que a sedimentação cessou na borda da plataforma antes do evento erosivo que gerou a discordância.

Figura 18: Identificação do Truncamento.



Fonte: Autora, 2025.

Figura 19: Identificação do *Toplap* na porção proximal.



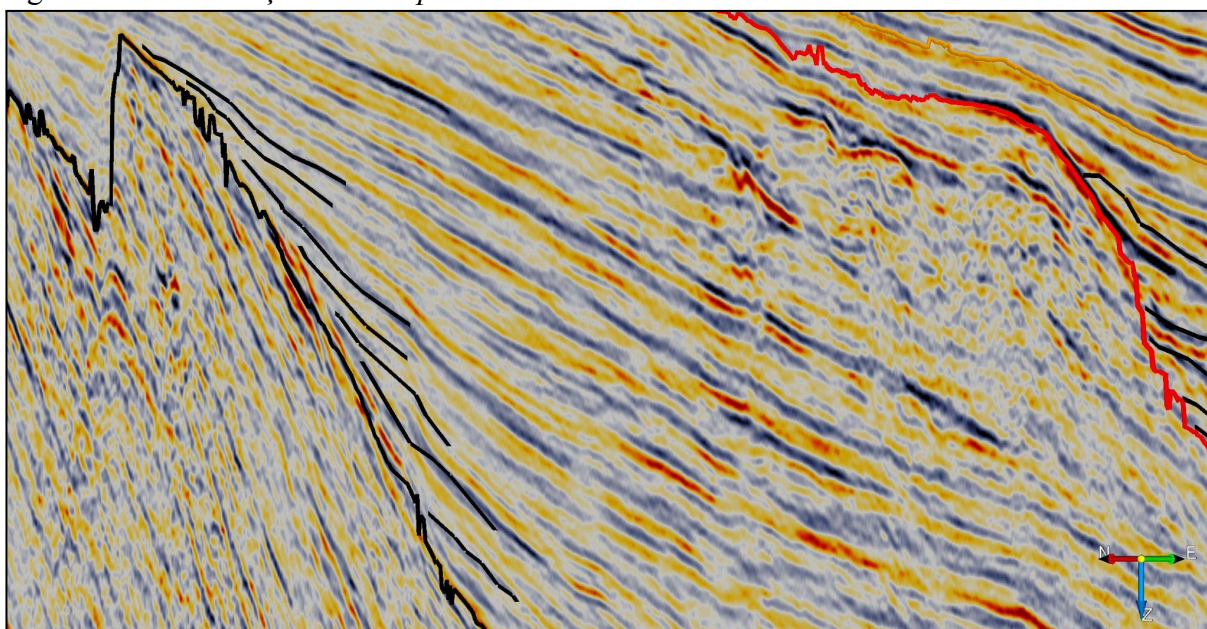
Fonte: Autora, 2025.

4.2.1.2 Delimitação da base do TST por *Onlap*

A superfície que marca a base do TST é evidenciada por múltiplas ocorrências de *onlap*, definido pela cor preta nas figuras de 20 até 24. Este padrão é observado em diversos

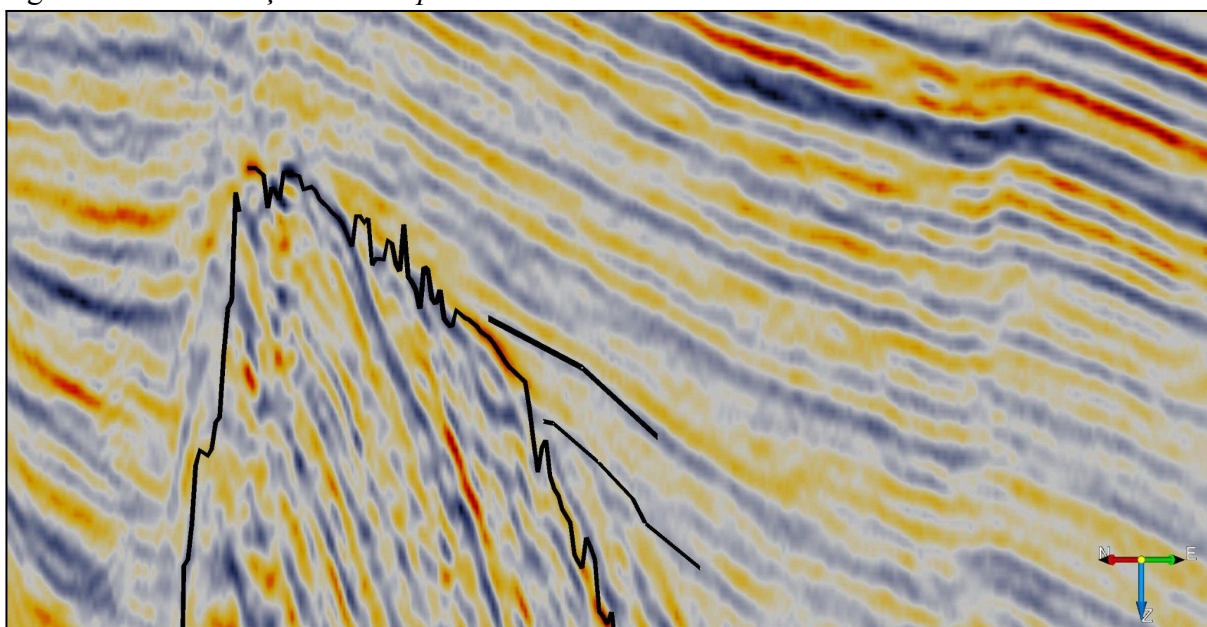
níveis estratigráficos, onde as camadas sedimentares mais jovens e inicialmente horizontais terminam contra superfícies inclinadas mais antigas. Esses *Onlaps* ascendentes, particularmente bem desenvolvidos na porção média da linha, marcam o reinício da sedimentação após a formação da SD, durante a fase de elevação no nível relativo do mar. Estes definem, de forma inequívoca, o limite inferior do TST, à medida que os sedimentos transgressivos progressivamente recobrem o relevo anteriormente criado durante a primeira regressão.

Figura 20: Identificação do *Onlap* I

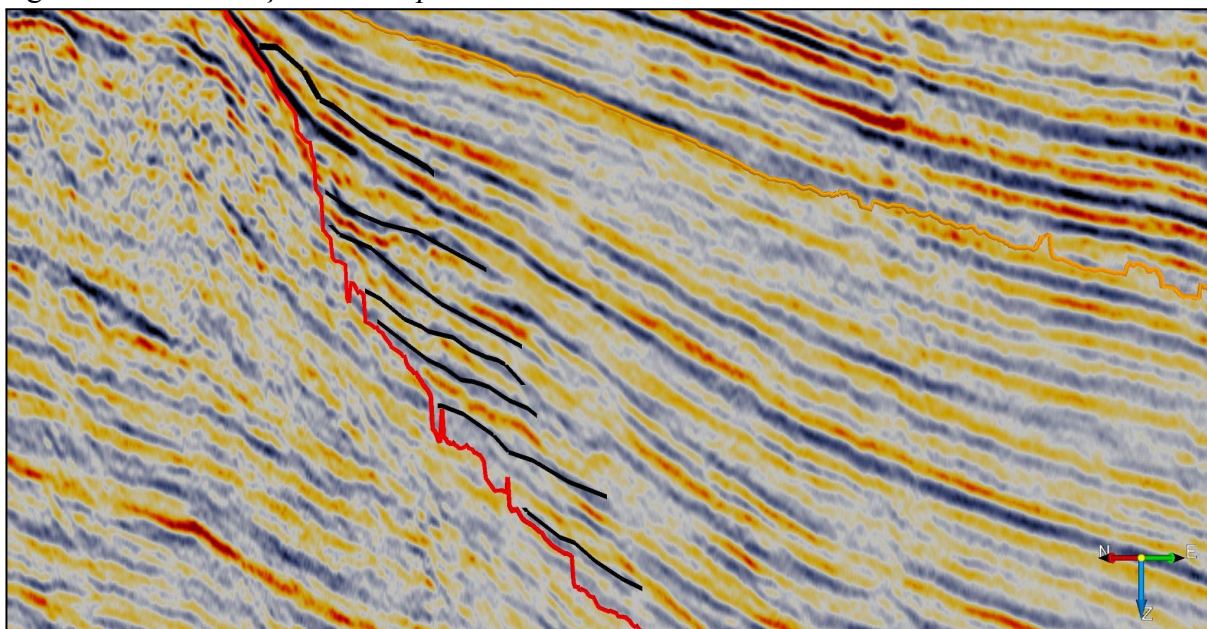


Fonte: Autora, 2025.

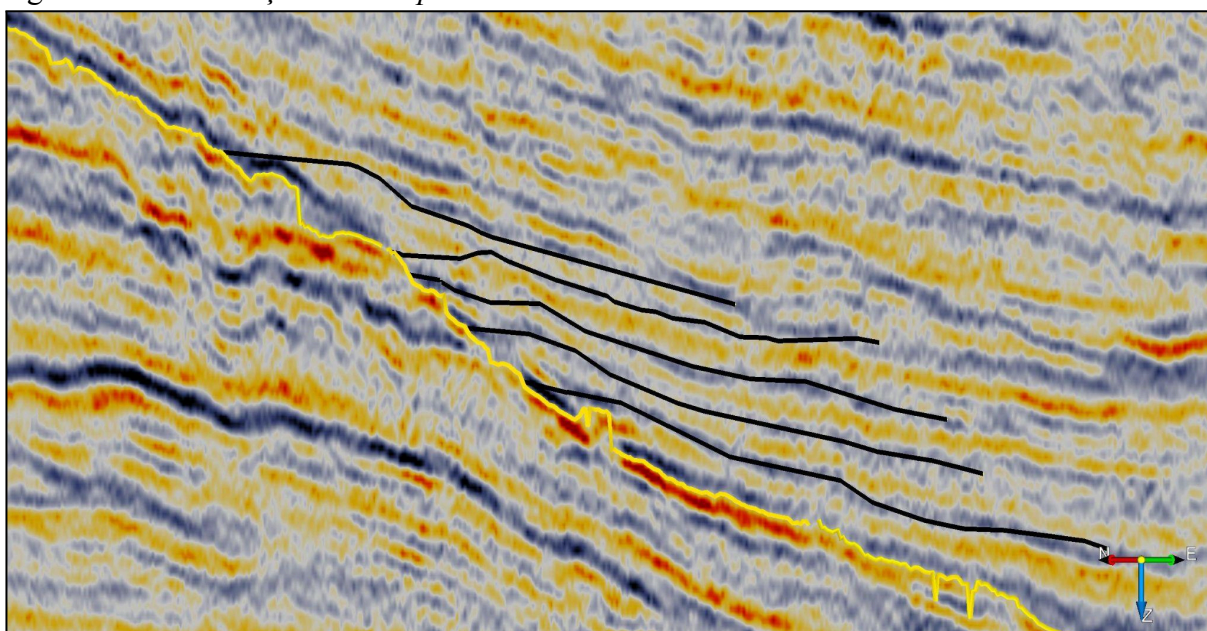
Figura 21: Identificação do *Onlap* II



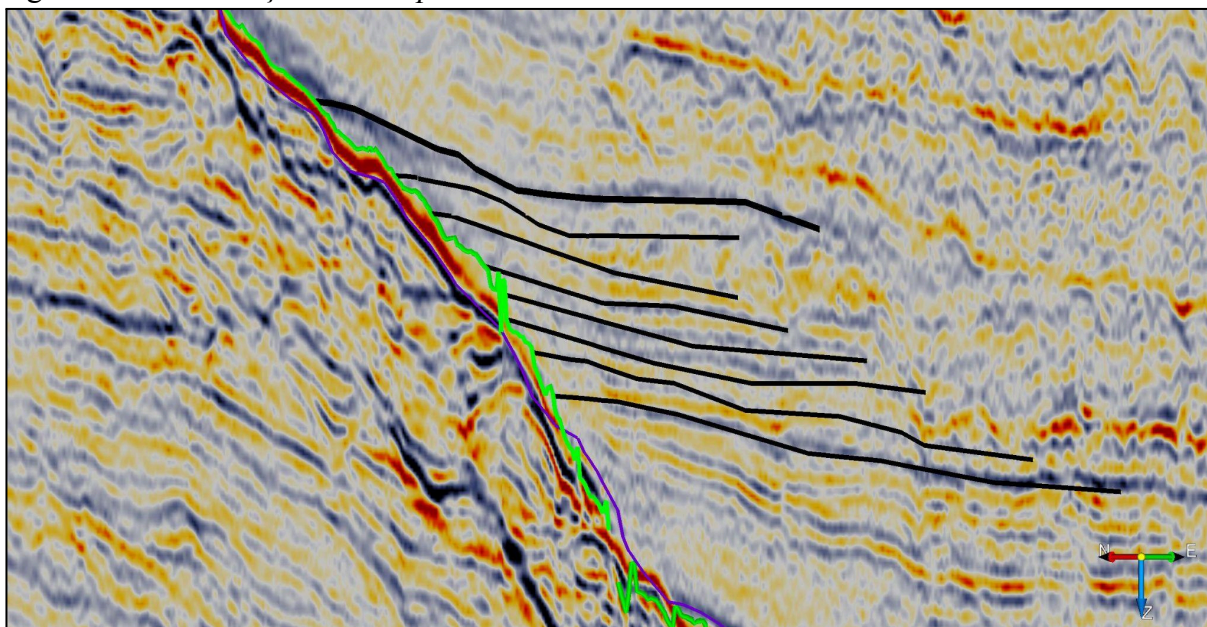
Fonte: Autora, 2025.

Figura 22: Identificação do *Onlap* III

Fonte: Autora, 2025.

Figura 23: Identificação do *Onlap* IV

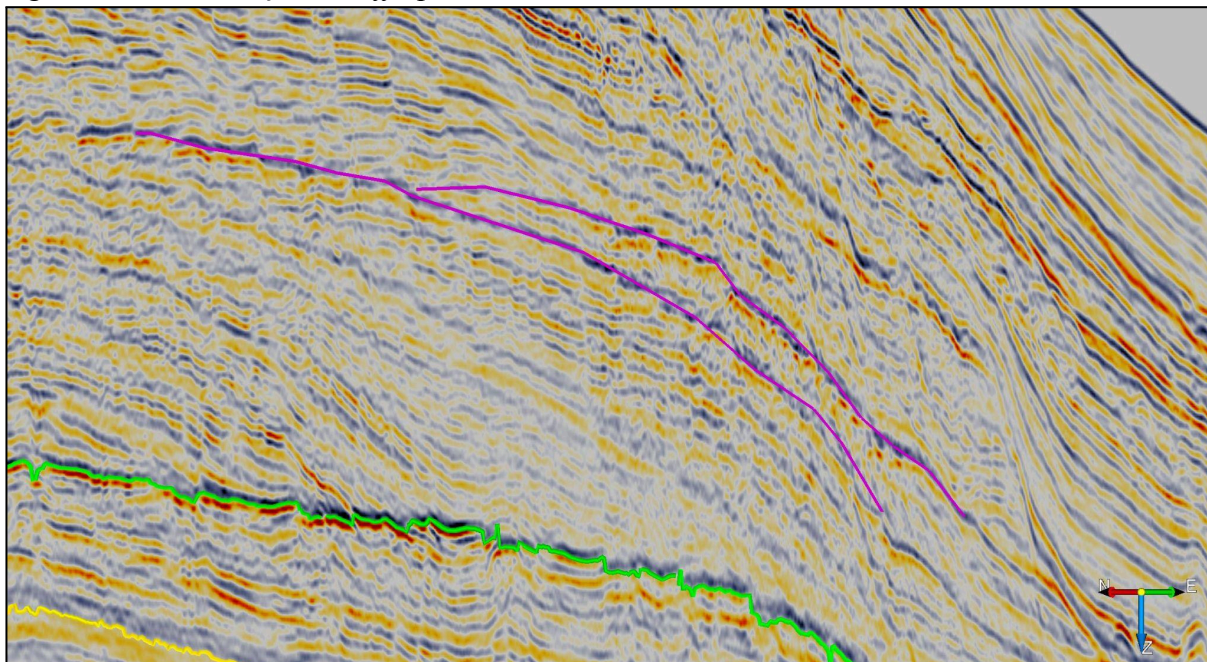
Fonte: Autora, 2025.

Figura 24: Identificação do *Onlap V*

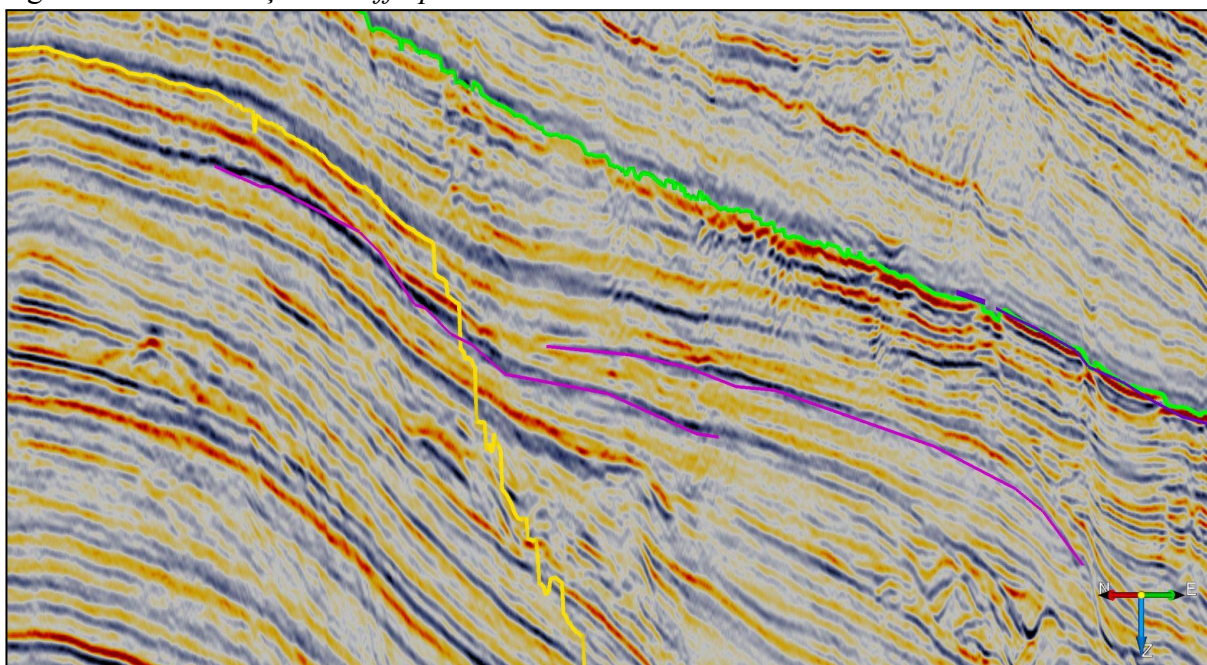
Fonte: Autora, 2025.

4.2.1.3 Confirmação da Regressão Forçada e do *Offlap*

Nas figuras 25 e 26, será apresentado que no topo da TSNA identificou-se o padrão de terminação característico de *offlap*, indicado pela cor magenta. Nesta configuração, típica de uma regressão forçada, cada pacote progradacional mais jovem termina em uma posição progressivamente mais distante em direção à bacia, sem ser coberto pelos sedimentos subsequentes. Este empilhamento anterior é resultado de uma queda rápida do nível relativo do mar, onde a linha de costa recua a sedimentação ativa no talude e na bacia. O *offlap* é um marcador chave para identificar SRBF que sela o TSNA e dá início ao TSEQ.

Figura 25: Identificação do *Offlap* I

Fonte: Autora, 2025.

Figura 26: Confirmação do *Offlap* II

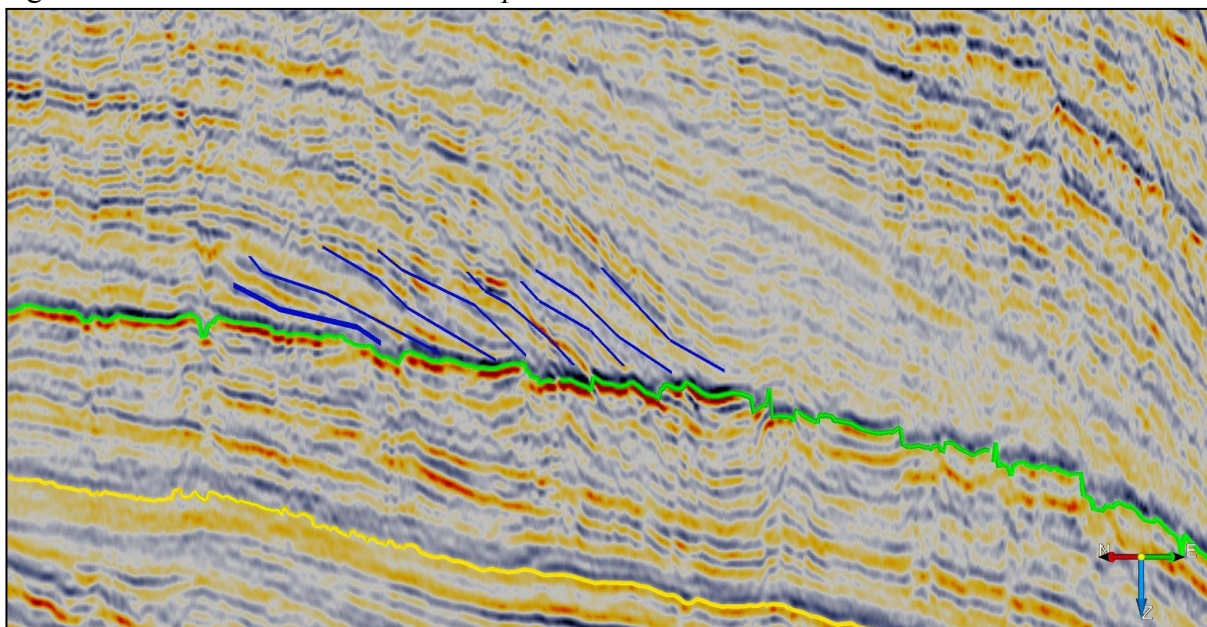
Fonte: Autora, 2025.

4.2.1.4 Mapeamento das Superfícies Progradacionais e *Downlap*

O padrão de *downlap*, demarcado pelas linhas azuis apresentado nas figuras 27 - 31, é abundante ao longo da seção e fundamental para mapear as superfícies de progradação. Em

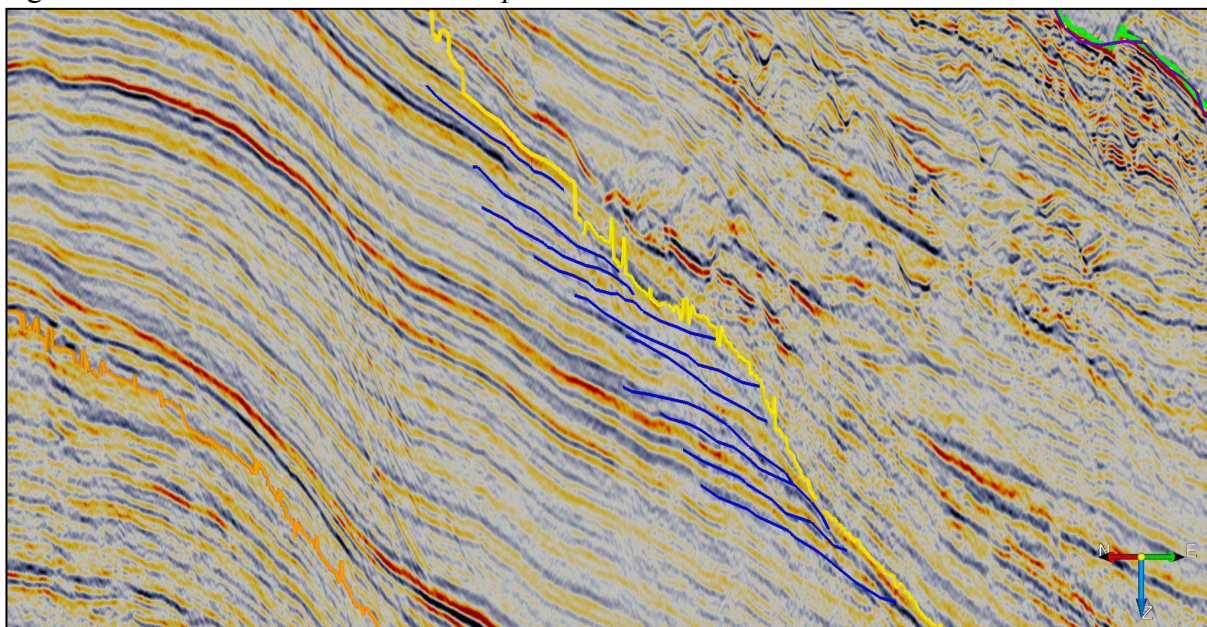
diversos horizontes, este padrão ocorre quando os refletores inclinados, representando as frentes de clinoformas de sistemas deltaicos ou de talude, terminam contra uma superfície de fundo marinho mais antigo, plano ou suavemente inclinado. O *downlap* é o principal padrão de terminação que define o fundo dos tratos progradaçãoais, tanto no TSNB quanto no TSNA. Sua ocorrência múltipla atesta a ciclicidade dos eventos de progradação na bacia em questão, marcando momentos em que o suprimento sedimentar supera a taxa de criação de espaço de acomodação.

Figura 27: Reconhecimento do *Downlap I*

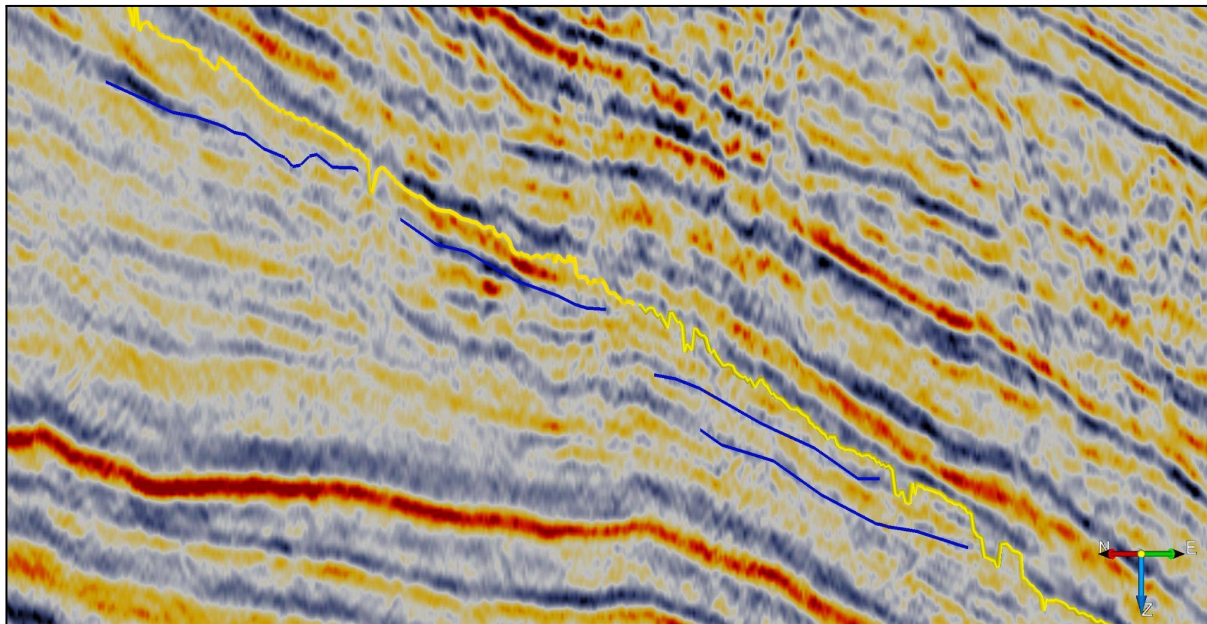


Fonte: Autora, 2025.

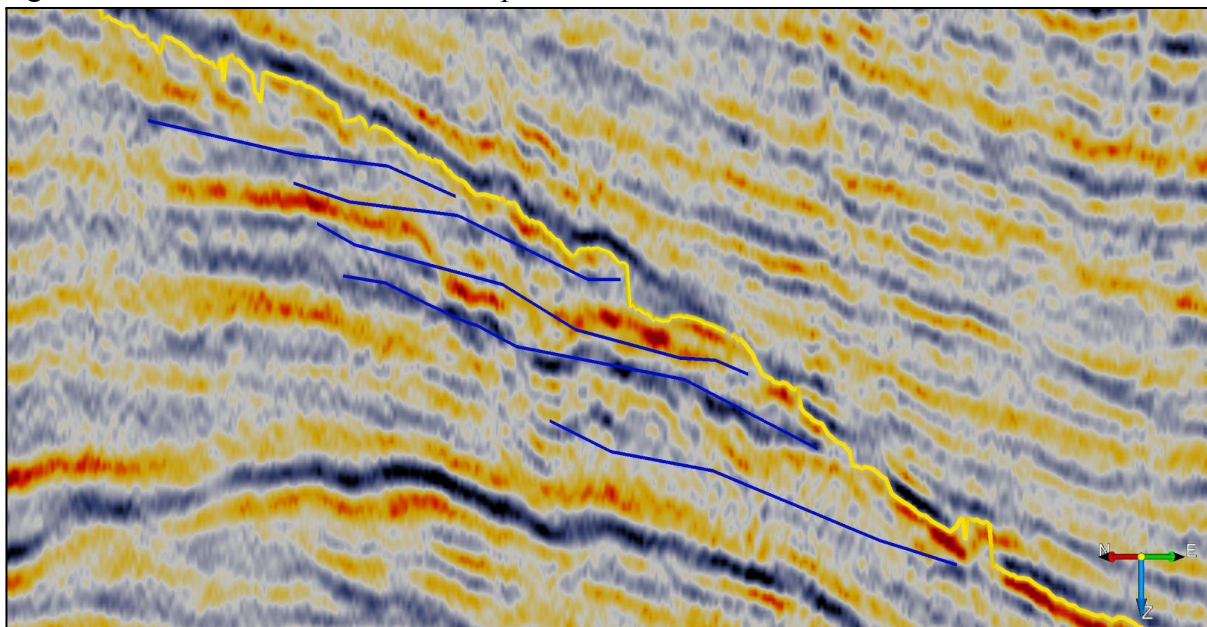
Figura 28: Reconhecimento do *Downlap II*



Fonte: Autora, 2025.

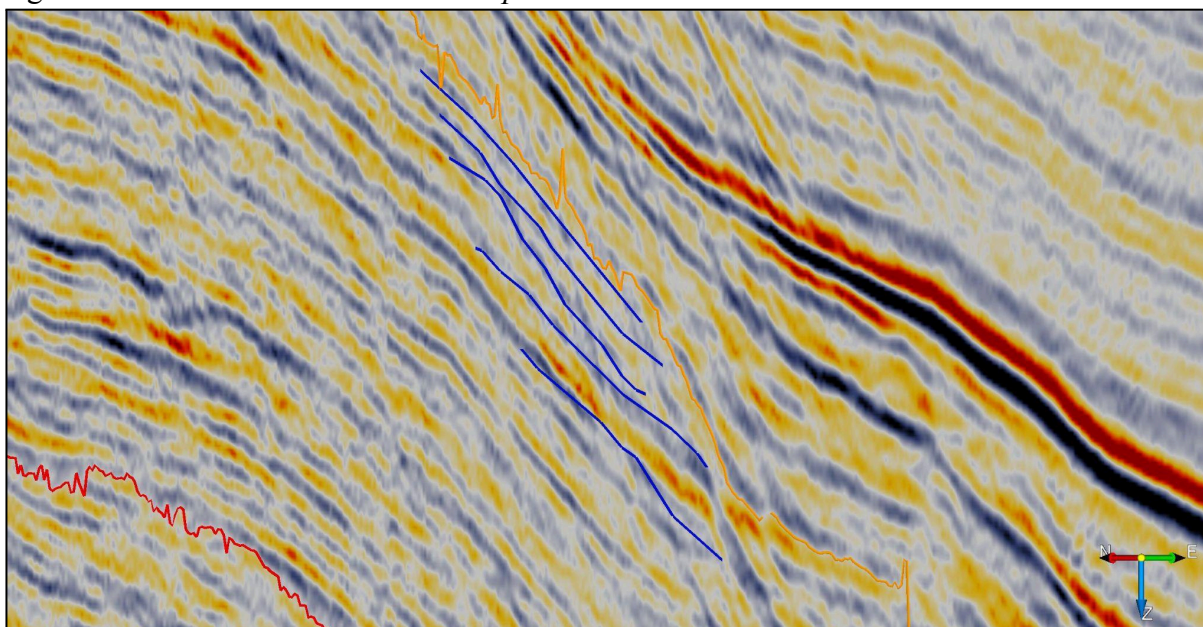
Figura 29: Reconhecimento do *Downlap* III

Fonte: Autora, 2025.

Figura 30: Reconhecimento do *Downlap* IV

Fonte: Autora, 2025.

Figura 31: Reconhecimento do *Downlap V*



Fonte: Autora, 2025.

4.2.1.5 Síntese da Análise e Transição para Métodos Avançados

A integração sistemática destes padrões de terminação permitiu a delimitação inicial e robusta das superfícies-chave SD, SRM, SIM e SBRF e dos tratos de sistemas TSNB, TST, TSNA e TSEQ na linha 0228-0315. A interpretação clássica, baseada na análise visual das terminações, estabeleceu um arcabouço estratigráfico que serviu de base para refinar este modelo, validar os contatos interpretados e extrair informações detalhadas da geometria interna, técnicas computacionais avançadas foram aplicadas, conforme detalhado na seção seguinte.

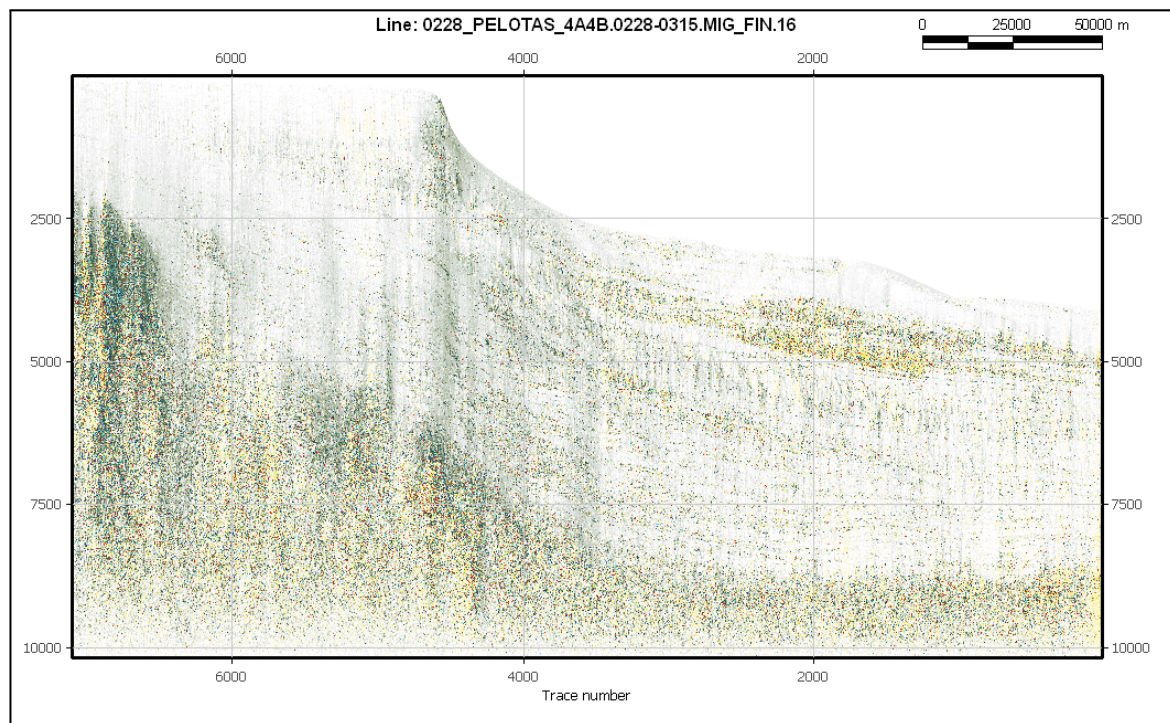
4.3 Aplicação do Atributo *Dip-Steering* na Linha 0228-0315

A figura 32, apresenta a seção sísmica após a aplicação do atributo *Dip-Steering* na linha 0228-0315, utilizando o *SteeringCube* de Fundo gerado pelo algoritmo PCA. O suavizamento estrutural característico ao PCA resultou em uma seção com ruído reduzido e com uma continuidade lateral dos refletores significativamente realçada de forma coerente. Esta etapa foi fundamental para “limpar” os dados, auxiliando na identificação visual das discontinuidades principais, ou seja, auxiliou na visualização das configurações dos tratos de

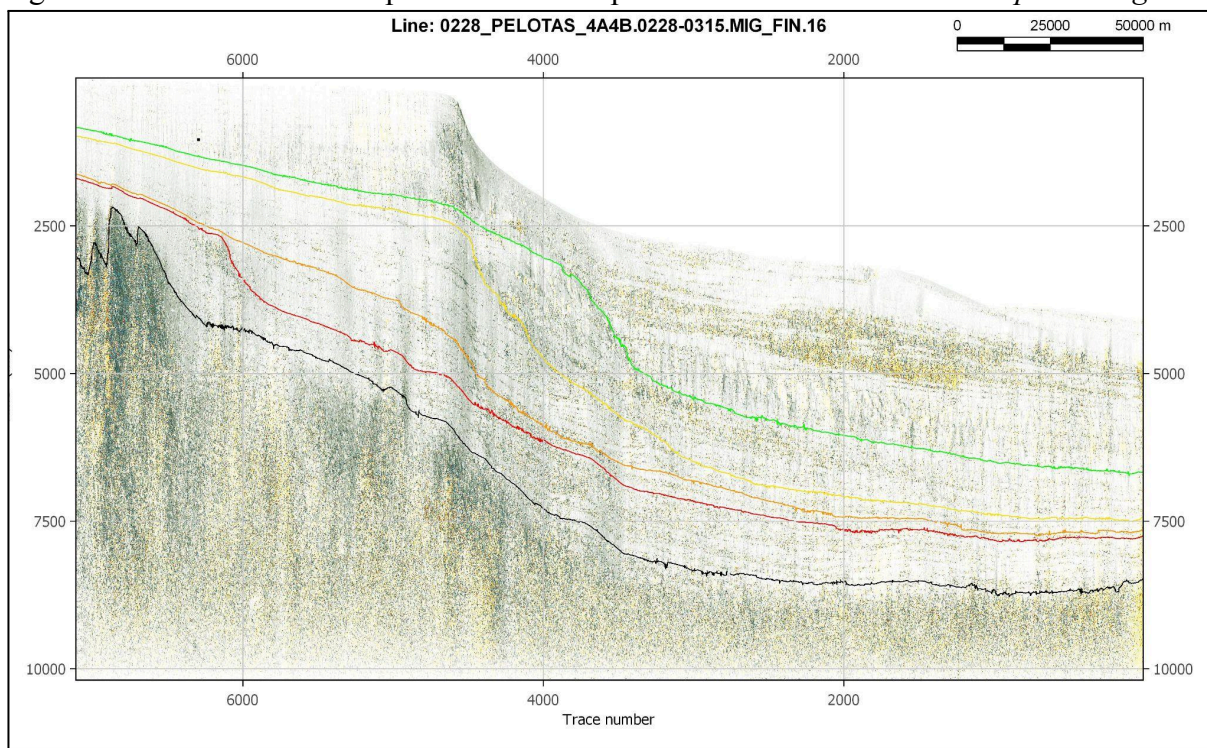
sistema. A estabilidade do mergulho calculado pelo PCA permitiu uma filtragem eficaz que isolou o sinal geológico, definindo uma base mais clara e confiável para as etapas seguintes.

Na figura 33, apresenta a união da interpretação clássica somada à utilização de parâmetros e algoritmos do *Software OpendTect*.

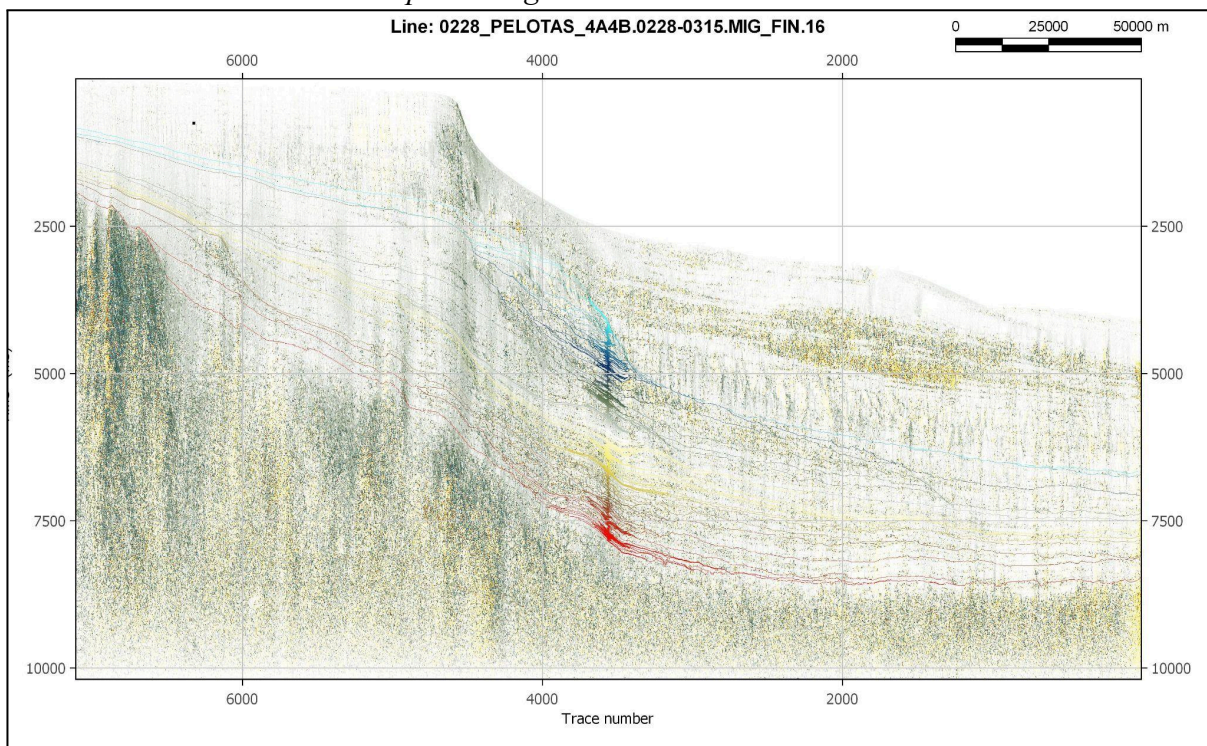
Figura 32: Linha 0228-0315 com o Atributo *Dip-Steering* utilizando o *Steering Algorithm* PCA.



Fonte: Autora, 2025.

Figura 33: Linha 0228-0315 apresentando as superfícies-chave com atributo *Dip-Steering*.

Fonte: Autora, 2025.

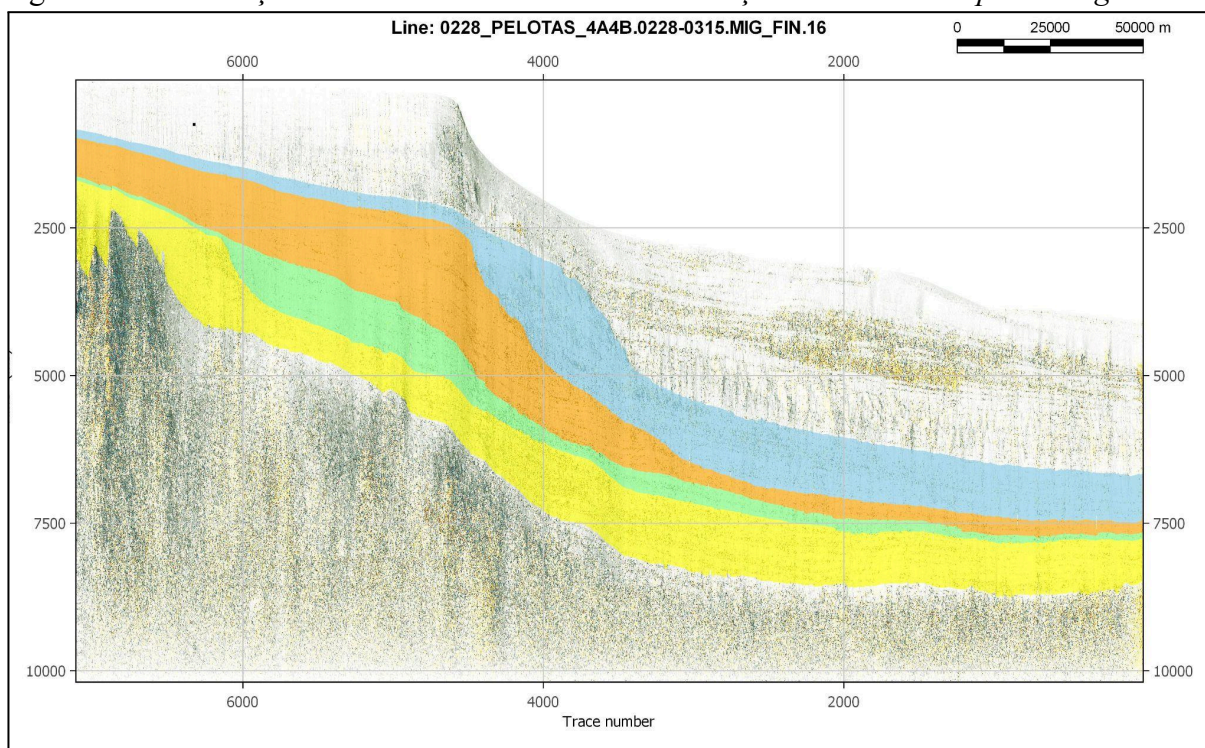
Figura 34: Linha 0228-0315 interpretada apresentando o resultado da criação do *HorizonteCube* com atributo *Dip-Steering*.

Fonte: Autora, 2025.

A etapa seguinte apresenta (figura 35) a integração final da interpretação. Sobre a sísmica realçada, são sobrepostos os tratos de sistemas delimitados. A precisão nessa delimitação foi potencializada pelo uso de atributos calculados a partir do *SteeringCube* baseado em PCA, como a Similaridade Direcionada por Mergulho. A estabilidade do campo de mergulho calculado pelo PCA permitiu que este atributo medisse com mais confiabilidade a semelhança entre os traços ao longo da direção verdadeira da reflexão.

Conseqüentemente, as transições entre os Tratos de Sistemas, TSNB, TST, TSNA e TSEQ, puderam ser mapeadas com confiança, pois seus contatos, frequentemente marcados por mudanças na continuidade sísmica, foram realçados de forma mais nítida e geologicamente coerente.

Figura 35: Delimitação dos Tratos de Sistema com utilização do Atributo *Dip-Steering*..



Fonte: Autora, 2025.

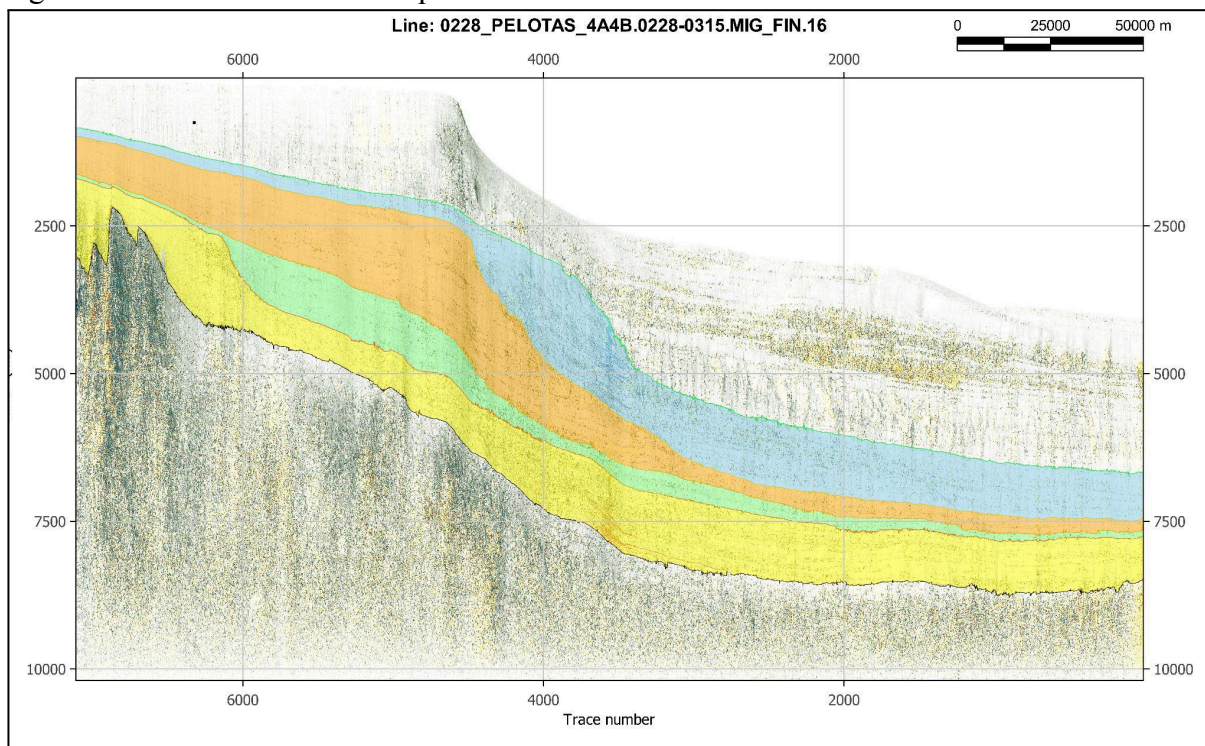
Após gerar as Superfícies-Chave, o *HorizonteCube* e os Tratos de Sistema, foi sintetizado todo fluxo de trabalho avançado, cuja base foi o algoritmo PCA.

Na figura 33, observa-se a união dos dois tipos de interpretação, a clássica e a avançada, onde há somente o atributo *Dip-Steering* e as superfícies-chave traçadas anteriormente. A sísmica filtrada por um *SteeringCube* (PCA) de fundo fornece uma linha suavizada, facilitando a interpretação.

Na figura 34 foi obtido o resultado da criação do *HorizonteCube*, gerado a partir do *SteeringCube* detalhado (PCA), que documenta a conectividade dos refletores, validando a continuidade das superfícies. A figura 35 apresenta a delimitação dos tratos de sistema sobreposta demonstra interpretação sismoestratigráfica clássica.

A integração, baseada no cálculo estável do mergulho pelo PCA, permitiu uma interpretação conclusiva: a arquitetura interna de cada trato é claramente sustentada pela rede de horizontes, e as transições entre os tratos são confirmadas pelos contrastes nos atributos. Visualmente, confirma-se o ciclo deposicional completo, validando o modelo de variação do nível relativo do mar e demonstrando a eficácia do *Dip-Steering* com o algoritmo PCA em transformar dados sísmicos em um modelo estratigráfico coerente e detalhado.

Figura 36: Síntese das técnicas aplicada à linha 0228-0315.



Fonte: Autora, 2025.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A interpretação sismoestratigráfica realizada na linha 0228-0315, integrada com a utilização do software OpendTect e pautada pelos princípios da Estratigrafia de Sequências e a Sismoestratigrafia, permitiu esclarecer a arquitetura deposicional e a evolução da configuração de uma parte da porção significativa da Bacia de Pelotas. A metodologia aplicada, estruturada em etapas de análise da linha original, na identificação das superfícies-chave, na delimitação dos tratos de sistema e na contextualização temporal com o nível de base, mostrou-se robusta para a compreensão dos processos sedimentares e tectônicos os quais moldaram a parte da bacia em questão.

Inicialmente, à análise clássica permitiu identificar os padrões de terminação de refletores: *Onlap*, *Downlap*, *Toplap*, *Offlap* e Truncamento. Esta etapa possibilitou a identificação de um arcabouço sísmico típico de margens passivas, registrando a transição do embasamento pré-rifte, caracterizado por feições caóticas, para uma sequência deposicional organizada, controlada inicialmente pela tectônica – Trato Drifte – e o reconhecimento das superfícies-chave: SD, SRM, SIM e SBRF. A Superfície de Discordância foi identificada como um marco fundamental, representando uma descontinuidade erosiva que separa a fase rifte da fase da deriva e estabelece o início do controle eustático predominante no empilhamento sedimentar.

O uso da técnica avançada *Dip-Steering* (Direcionamento por Mergulho), usando o algoritmo PCA (Análise de Componentes Principais), facilitou e melhorou o estudo da linha 0228-0315 neste trabalho, pois a geração do *SteeringCube* e do *HorizonteCube* proporcionou realce estrutural da continuidade dos refletores, filtrando ruídos e facilitando o rastreamento das superfícies, auxiliou na validação, no detalhamento dos contatos interpretados, conferindo maior precisão e confiabilidade aos limites dos tratos de sistema e na visualização integrada da arquitetura sísmica, através da sobreposição do *HorizonteCube* e da delimitação colorida dos tratos, que sintetizou de maneira eficaz o modelo estratigráfico.

Com a sucessão dos tratos de sistemas identificados, Trato de Sistema de Nível Alto, Trato de Sistema de Nível Baixo, Trato de Sistema Transgressivo justifica de forma clara um ciclo deposicional completo, regido pelas variações no nível relativo do mar. A identificação da Superfície de Regressão Máxima e da Superfície de Inundação Máxima foi crucial para

delimitar os momentos de máxima progradação e de máxima inundação, respectivamente, enquanto o reconhecimento do Trato de Sistema de Estágio de Queda, limitado pela Superfície Basal de Regressão Forçada, encerra o ciclo deposicional analisado, destacando um evento de queda rápida do nível do mar.

Este estudo certifica a complexidade e a ciclicidade do registro estratigráfico que ocorreu na Bacia de Pelotas, fornecendo um modelo consistente e detalhado da sua história deposicional em escala regional. A abordagem adotada, que conjuga a interpreta o sismoestratigráfica tradicional com as ferramentas computacionais modernas, serviu de base sólida para a compreensão da evolu o da Bacia de Pelotas e constituiu uma referência metodológica válida para investiga es futuras em contextos geológicos similares.

REFERÊNCIAS

AGÊNCIA NACIONAL DO PETRÓLEO, GÁS NATURAL E BIOCOMBUSTÍVEIS. Bacia de Pelotas: Sumário Geológico e Setores em Oferta. Rio de Janeiro: ANP, 2022. Disponível em:

https://www.google.com/url?sa=t&source=web&rct=j&opi=89978449&url=https://www.gov.br/anp/pt-br/rodadas-anp/oferta-permanente/opc/arquivos/sg/sumario_geologico_op_pelotas.pdf&ved=2ahUKEwjo98TkpseRAxWoupUCHROKG7QQFnoECCcQAQ&usg=AOvVaw0-vhULNfv0jd1gteD9W5e8. Acesso em: 22 out. 2025.

AIELLO, Gemma. Seismic Stratigraphy And Integrated Stratigraphy: new insights and contributions, jun. 2018. DOI: 10.5772/66242. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/325541407_Seismic_stratigraphy_and_integrated_stratigraphy_new_insights_and_contributions. Acesso em: 22 out. 2025.

BUENO, G. V. et al. Bacia de Pelotas. Boletim de Geociências da Petrobras, Rio de Janeiro, v. 15, n. 2, p. 551-559, maio/nov. 2007. Disponível em: <https://bgp.petrobras.com.br/bgp/article/view/355/577>. Acesso em: 7 jun. 2025.

CARRILLO, Raízza Soledad Peres. Evolução Tectono-Estratigráfica Da Fase Rife Da Sub-Bacia De Tucano Sul, Curso de Graduação em Geologia, Universidade Federal do Rio de Janeiro, UFRJ, Instituto de Geociências, Departamento de Geologia, nov. 2021. Disponível em: <https://pantheon.ufrj.br/bitstream/11422/16932/1/CARRILLO%2C%20R.S.P.pdf>. Acesso em: 29 nov. 2025.

CASTILLO LÓPEZ, Luiz Antônio. Interpretação Sismoestratigráfica e Geomorfologia Sísmica do Cone do Rio Grande, Bacia de Pelotas. 2009. Tese (Doutorado em Geociências) - Instituto de Geociências, Programa de Pós-Graduação em Geociências, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, UFRGS, Porto Alegre. Disponível em: <https://lume.ufrgs.br/handle/10183/17394>. Acesso em: 22 out. 2025.

CATUNEANU, Octavian. Principles of Sequence Stratigraphy. Amsterdam: Elsevier, 2006. Disponível em https://www.academia.edu/4635120/Principles_of_Sequence_Stratigraphy. Acesso em: 22 out. 2025.

CATUNEANU, Octavian. Model-independent sequence stratigraphy, v. 188, p. 312-388, jan. 2019. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.earscirev.2018.09.017>. Disponível em:

<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0012825218305993>. Acesso em: 25 nov. 2025.

CHAUVET, François. Conjugate volcanic passive margins in the austral segment of the South Atlantic – Architecture and development. *Earth-Science Reviews*, Plouzané, France, v. 212, jan. 2021. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.earscirev.2020.103461>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0012825220305079>. Acesso em: 2 jul. 2025.

DIAS, J. L.; SAD, A. R. E.; FONTANA, R. L.; FEIJÓ, F. J. Bacia de Pelotas. *Boletim de Geociências da Petrobrás*, v. 8, n. 1, p. 235-245, 1994.

DGB Earth Science. 2002 - 2022. OpendTect User Documentation version 6.6.0. Disponível em:

https://doc.opendtect.org/6.6.0/doc/od_userdoc/Default.htm#survey/session.htm?TocPath=4%2520Survey%257C_____2. Acesso em: 1 dez 2025.

DGB Earth Sciences. 2002 - 2024. OpendTect Training Manual version 7.0.9. Disponível em: <https://www.dgbes.com/resources/documentation>. Acesso em: 27 nov. 2025.

FONTANA, Rogério Luiz. Geotectônica e Sismoestratigrafia da Bacia de Pelotas e Plataforma de Florianópolis. Curso de Pós-Graduação em Geociências, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 1996. Disponível em: <http://repositorio.jesuita.org.br/bitstream/handle/UNISINOS/3494/RodrigodoMonteGuerra.pdf;jsessionid=593F88066C5EEF4C537C35584AAA1F5C?sequence=1>. Acesso em: 30 abr. 2025.

HUNT, David; TUCKER, Michael E. Stranded parasequences and the forced regressive wedge systems tract: deposition during base-level fall. *Sedimentary Geology*, Amsterdam, v. 81, p. 1-9, 1992.

RIBEIRO, Helio Jorge Portugal Severiano (Organizador). *Estratigrafia de Sequências: Fundamentos e Aplicações*. São Leopoldo, RS: Editora Unisinos, 2001. Acesso em 3 jul. 2025.

ROCHA, Lara Beatriz Moreira Cesar de Carvalho. *Arquitetura Sismoestratigráfica da Fase Drifte da Bacia de Pelotas com Base em Dados Sísmicos*, 2024. Acesso em: 20 mar. 2024

SALAMUNI, Eduardo. Geologia Estrutural Aula 1 Introdução À Geologia Estrutural Deformação Na Crosta. Disponível em: <http://www.neotectonica.ufpr.br/aula-geologia/aula1.pdf>. Acesso em: 30 nov. 2025.

SOCIEDADE OF EXPLORATION GEOPHYSICS. 2017. SEG-Y Revision 2.0 Data Exchange Format. SEG Technical Standards Committee. DOI: 10.1190/20020501-segy. Disponível em: <https://wiki.seg.org/wiki/SEG-Y>. Acesso em: 15 out. 2025.

SUGUIO, Kenitiro. Geologia sedimentar. 2003. São Paulo: Edgard Blücher. Acesso em: 30 nov. 2025.

STEIN, Seth; WYSESSION, Michael. An introduction to seismology, earthquakes, and earth structure. Malden, MA: Blackwell Publishing, 2003.

STICA, Juliano Magalhães. *The evolution of rifting on the volcanic margin of the Pelotas Basin and the contextualization of the Paraná-Etendeka LIP in the separation of Gondwana in the South Atlantic*. Rio de Janeiro, Brasil, v. 50, p. 1-21, fev. 2014. DOI:<https://doi.org/10.1016/j.marpetgeo.2013.10.015>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0264817213002675>. Acesso em: 2 jul. 2025.

TOMAZELLI, Luiz Jose, VILLWOCK, Jorge Alberto, et al. Sistemas Depositionais e Evolução Geológica da Planície Costeira do Rio Grande do Sul: Uma Síntese. In: Roberto Ianuzzi; José Carlos Franz. (Org.). 50 Anos de Geologia-Instituto de Geociências - Contribuições. 1ed.Porto Alegre: Comunicação e Identidade, 2007, p. 001-399. Acesso em 17 set. 2025.

VAIL, Peter R.; MITCHUM JR., Robert M.; THOMPSON, S. Seismic stratigraphy and global changes of sea level, Part 3: Relative changes of sea level from coastal onlap. In: PAYTON, C. E. (ed.). Seismic stratigraphy: applications to hydrocarbon exploration. Tulsa: American Association of Petroleum Geologists, 1977. p. 63-81. (AAPG Memoir, 26).

VEEKEN, Paul Seismic Stratigraphy, Basin Analysis and Reservoir Characterisation. Amsterdam: Elsevier, 2007. Handbook of Geophysical Exploration, v. 37. DOI: <https://doi.org/10.1017/S0016756808004329>. Acesso em: 22 out. 2025.

VILLWOCK, Jorge Alberto. *Geology of the Coastal Province of Rio Grande do Sul, Southern Brazil. A Synthesis*. Pesquisas em Geociências, Porto Alegre, v. 16, n. 16, p. 5-49, jan./abr. 1984. Disponível em: <http://seer.ufrgs.br/PesquisasemGeociencias/article/view/21711>. Acesso em: 5 jun. 2025.

WATANABE, Débora Sayuri & Barboza-Pinzon, Eduardo & Rosa, Maria & Dillenburg, Sergio & Caron, Felipe & Ritter, Matias & Bitencourt, Volney Junior & Manzolli, Rogério. 2023. Geomorfologia e padrões de empilhamento da barreira holocênica no Litoral Norte do Rio Grande do Sul. *Revista Brasileira de Geomorfologia*. 24. DOI: 10.20502/rbg.v24i1.2223. Acesso em: 9 dez. 2025.

ZERFASS, Geise de Santana dos Anjos. Biocronoestratigrafia da Bacia de Pelotas: Estado Atual e Aplicação na Geologia de Petróleo. 2008. *Revista Brasileira de Geociências*, v. 38. Disponível em: <https://ppegeo.igc.br/portal/index.php/rbg/biocronoestratigrafia-da-baica-de-pelotas-estado-atual-e-aplicacao-na-geologia-do-petroleo/>. Acesso em: 22 out. 2025.