



Projeto ANP/UFRGS

Coordenador: Prof. Dr. Michael Holz

VOLUME 2

REAVALIAÇÃO DOS SISTEMAS PETROLÍFEROS DA BACIA DE PELOTAS





ÍNDICES

ÍNDICE DE VOLUMES

CAPÍTULO 1. INTRODUÇÃO

CAPÍTULO 2. BANCO DE DADOS

CAPÍTULO 3. MÉTODOS POTENCIAIS

CAPÍTULO 4. ANÁLISE ESTRATIGRÁFICA

VOLUME 1

CAPÍTULO 5. ANÁLISE SÍSMICA

VOLUME 2

CAPÍTULO 6. HIDRATOS DE GÁS

CAPÍTULO 7. GEOQUÍMICA

CAPÍTULO 8. BIOESTRATIGRAFIA

CAPÍTULO 9. REAVALIAÇÃO DA EVOLUÇÃO TERMODINÂMICA DA BACIA

CAPÍTULO 10. SISTEMAS PETROLÍFEROS

CAPÍTULO 11. RECOMENDAÇÕES

CAPÍTULO 12. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

VOLUME 3

ÍNDICE GERAL DO VOLUME 2

5. ANÁLISE SÍSMICA.....	1
5.1. OBJETIVOS.....	3
5.2. DADOS UTILIZADOS	3
5.3. ANÁLISE SÍSMICA – FUNDAMENTOS TEÓRICOS	5
5.3.1 - <i>Noções de física ondulatória</i>	5
5.3.2. <i>Propagação das ondas sísmicas versus tipos de rochas</i>	7
5.3.3. <i>Aquisição e processamento do sinal sísmico</i>	8
5.3.4. <i>Fundamentos de interpretação sismoestratigráfica</i>	9
5.3.5. <i>Metodologia de interpretação sismoestratigráfica</i>	13
5.3.6. <i>Integração poço-sísmica</i>	16
5.3.7. <i>As possibilidades da Sísmica 3D</i>	17
5.4. RESULTADOS OBTIDOS.....	18
5.4.1. <i>Unidades basais da Bacia de Pelotas</i>	18
5.4.2. <i>Seqüência Depositional 3 (SEQ-3)</i>	71
5.4.5. <i>Seqüência Depositional 4 (SEQ-4)</i>	80
5.4.5.1. <i>Seqüência Depositional 4a (SEQ-4a)</i>	85
5.4.5.2. <i>Seqüência Depositional 4b (SEQ-4b)</i>	94
5.4.5.3. <i>Seqüência Depositional 4c (SEQ-4c)</i>	105
5.4.5.4. <i>Seqüência Depositional 4d (SEQ-4d)</i>	129
5.4.5.5. <i>Seqüência Depositional 4e (SEQ-4e)</i>	142
5.4.5.6. <i>Seqüência Depositional 4f (SEQ-4f)</i>	152
5.4.5.7. <i>Seqüência Depositional 4g (SEQ-4g)</i>	161
5.4.6. <i>Mapas de Falhas</i>	186
5.4.6.1. <i>Sistema de falhas sin-rifte</i>	186
5.4.6.2. <i>Sistema de falhas do Cone do Rio Grande</i>	200
5.5.1. <i>Proposta de atualização da carta cronoestratigráfica</i>	216

ÍNDICE FIGURAS

Figura 5. 1: Mapa das principais feições geomorfológicas existentes e identificadas na Bacia de Pelotas.....	2
Figura 5. 2: Mapa exibindo as linhas sísmicas 2D carregadas e sua cobertura espacial na Bacia de Pelotas. Para a observação de detalhes e nomenclatura das linhas, ver mapa no Anexo 5.1.1.....	4
Figura 5. 3: Mapa exibindo os poços que possuem dados de amarração sísmica (levantamentos de checkshot em poço), destacados em vermelho.	4
Figura 5. 4: Relação de intervalos dos poços com checkshots no arcabouço de unidades mapeadas. Como a conversão tempo x profundidade é realizada a partir das unidades mapeadas, é necessário que hajam pelo menos três poços com checkshots no intervalo a ser convertido e empilhado, situação que não ocorre na presente base de dados.	5
Figura 5. 5: Velocidade sísmica versus densidade do meio rochoso, conforme Gardner et al. (1974).	7
Figura 5. 6: O efeito da freqüência sobre a resolução e a implicação para a interpretação geológica: a geometria real dos estratos (em cima) é visível no sismograma de 75Hz (meio), mas não no de 20Hz (embaixo), onde parece ocorrer um onlap (de Hart, 2000, apud Cataneanu, 2006).	9
Figura 5. 7: A série de refletores oblíquos mapeia a progradação de um delta, evidenciando as várias superfícies deposicionais. Esse tipo de observação – que os refletores seguem as superfícies deposicionais e não as mudanças de fácies – foi fundamental para alavancar a sismoestratigrafia. Linha sísmica extraída de Cataneanu (2006).	10
Figura 5. 8: Terminações de refletores (ou “terminações estratais”) de base e de topo das unidades mapeadas na análise sismoestratigráfica. Com a exceção da superfície de downlap, todas as demais são obrigatoriamente superfícies discordantes, i.e., limites de seqüências. Figura extraída de Bally (1987).	10
Figura 5. 9: Truncamento erosional, um limite de topo que envolve erosão, por rebaixamento do nível de base. Em (A) ilustra-se a situação de erosão de estratos que claramente se estendem além do limite atual (as vezes confundido com toplap, mostrado na figura seguinte), e em (B) mostra-se o exemplo de uma feição erosiva (no caso, um canal ou vale inciso). Figura extraída de Bally (1987).	11
Figura 5. 10: Toplap, outra terminação estratal de topo (Fonte: Bally, 1987).....	11
Figura 5. 11: Onlap, uma terminação estratal de base. Figura extraída de Bally (1987).....	12
Figura 5. 12: Downlap, uma terminação estratal de base. Figura extraída de Bally (1987).	12
Figura 5. 13: Uma superfície de onlap única e continua só se formará se não existir nenhuma sedimentação acima dos sucessivos pontos de contato ou pontos de lapout (i.e., onde termina cada onlap), como mostram as ilustrações ‘a’ e ‘b’. Se existir sedimentação (por exemplo, um “slope drape”, no caso de turbiditos), então se irá formar um “feixe” de superfícies de onlap sucessivamente mais novos, e a “superfície único de onlap” não irá existir (desenho c e d). Figura extraída de Cartwright et al. (1993).	13
Figura 5. 14: Em (A) é mostrada uma linha sísmica do Golfo de Taranto, na Itália, com uma superfície de onlap aparente única e contínua. Já em (B) é mostrada uma seção de alta resolução do retângulo de (A), evidenciando que na verdade a superfície única e continua de onlap é composta por quatro ou cinco superfícies. Figura extraída de Cartwright et al. (1993).	13
Figura 5. 15: Linha sísmica interpretada, mostrando os elementos da moderna estratigrafia de seqüências (FSST = falling stage systems tract, LST = Lowstand systems tract, TST = transgressive systems tract, HST = highstand systems tract, MRS = maximum regressive surface, mfs = maximum flooding surface). Figura extraída de Cataneanu, 2006.	14
Figura 5. 16: Elementos da estratigrafia conforme interpretado em perfis de poço e em linhas sísmicas, e seu significado do ponto de vista de plays petrolíferos (de Posamentier & Allen, 1999).....	14
Figura 5. 17: Modelo básico da estratigrafia de seqüências em uma sub-bacia formada por meio-grabens: na seqüência 1 ocorre, de modo síncrono, onlap agradação e downlap na área do hangingwall, e erosão/formação de limite de seqüências na área do footwall, devido a subsidência diferencial causada pela falha rotacional do bloco. A seqüência 2 exhibe inicialmente um	

onlap do hangingwall para o footwall, seguido de agradação e de geração de carbonatos. O Limite de Seqüências 3 se origina em resposta a rotação de blocos com soerguimento no footwall em sincronia com subsidência no hangingwall. Figura extraída de Bosence (1998)..... 15

Figura 5. 18: Expressão sismoestratigráfica ideal de um preenchimento completo de um meio-graben de um sistema de rifte. Notar os quatro tratos de sistemas tectônicos descritos no texto e sua dessemelhança com modelo clássico. Figura extraída de Prosser (1993). 16

Figura 5. 19: Exemplo de perfil sintético. Os principais refletores são utilizados para correlacionar dado do poço (coluna central) com a seção sísmica..... 17

Figura 5. 20: Exemplo de uma linha sísmica com overlay de perfis de raio gama de sondagens com base em perfis sintéticos. A linha mostra a progradação de um sistema misto carbonato-siliciclástico de talude continental do Permiano da Bacia de Delaware. Tons de cinza claro denotam carbonatos puros, e cinza escuro indicam arenitos e lamitos carbonáticos. As linhas brancas mostram a exata localização dessas sondagens. Notar a boa correlação entre o contraste litológico e a localização dos refletores mais proeminentes (figura extraída de Hart, 2000 apud Cataneanu, 2006)..... 17

Figura 5. 21: Exemplo de cubo sísmico 3D do talude continental do Permiano da Bacia de Delaware. Esse "volume sísmico" pode ser cortado na vertical e na horizontal com auxílio de softwares apropriados (e.g., GEOFRAME da Schlumberger) para realizar interpretações de feições geológicas, como canais ou lobos turbidíticos (figura extraída de Hart, 2000 apud Cataneanu, 2006). 18

Figura 5. 22: Modelo geológico proposto com os estágios evolutivos que geraram e compartimentaram as unidades basais da Bacia de Pelotas. (A) apresenta a seção pré-rifte que antecede os derrames da Formação Serra Geral da Bacia do Paraná, em uma crosta única do Gondwana; (B) apresenta os derrames da Formação Serra Geral, porém sem o estiramento crustal relacinado à quebra do Gondwana; (C) representa o momento inicial de estiramento do Gondwana, com migração da pluma mantélica para a região da Bacia de Pelotas, o sistema de falhamentos rúpteis da fase rifte, e os derrames iniciais da Formação Imbituba; (D) mostra o estágio mais evoluído da fase rifte, onde os meio-grábens são estravasados por vulcânicas; (E) mostra o rompimento da crosta continental e formacao da proto-crosta oceânica, com intensas intrusoes e extrusões na crosta continental, intensamente deformada; (F) mostra a crosta continental extremamente deformada nas porcoes mais próximas à região de ruptura, diminuindo a deformação para regiões mais afastadas e o desenvolvimento pleno de crosta oceânica. Por fim, (G) apresenta a configuração final do substrato da Bacia de Pelotas, com a crosta continental pouco estirada, com falhamentos rasos e calhas rifte, a crosta continental muito estirada, com falhamentos profundos, seções sedimentares pré-rifte, sin-rifte e muito vulcanismo (extrusivo e intrusões e condutos associados), e a crosta oceânica com seus derrames empilhados formando os SDR's. 20

Figura 5. 23: Linha sísmica 231-1341 apresentando o sistema de falhamentos antitéticos que forma o conjunto de meio-grábens da fase rifte (SEQ-2) da Bacia de Pelotas 21

Figura 5. 24: Linha sísmica 231-1341 sem interpretação. 22

Figura 5. 25: Detalhe da linha sísmica 0231-1341, mostrando o padrão interno de refletores da SEQ-2. A porção inferior da SEQ-2 é composta por vulcânicas (Formação Imbituba), e a porção superior é composta por conglomerados e siltitos da Formação Cassino. Observa-se a homogeneidade dos padrões de refletores, não evidenciando diferenciações litológicas como observado em poço. CCPE = crosta continental pouco estirada; CCME = crosta continental muito estirada. Seqüências conforme discutido no capítulo 3 – volume 1, resumido na figura 4.5..... 23

Figura 5. 26: Linha sísmica 231-1341 sem interpretação. 24

Figura 5. 27: Linha sísmica 239-370 mostrando o extravasamento dos meio-grábens pelos derrames vulcânicos (compreendidos entre a superfície amarela (topo dos estratos sin-rifte) e a superfície verde clara (topo das vulcânicas relacionadas aos processos de intenso estiramento crustal), inclusive sobre a crosta continental pouco estirada (superfície vermelha). 25

Figura 5. 28: Linha sísmica 239-370 não interpretada. 26

Figura 5. 29: Linha sísmica 228-325 mostrando os padrões de refletores internos da crosta continental muito estirada (CCME), indicando sucessões intensamente deformadas, com falhamentos normais e dobras abertas. Os litotipos associados podem conter granitóides, fragmentos da Bacia do Paraná (SEQ-1) e fases sin-rifte (SEQ-2). 27

Figura 5. 30: Linha sísmica 228-325 não interpretada. 28

Figura 5. 31: Linha sísmica 231-1354 mostrando a expressão sísmica da crosta oceânica (CO), com seaward dipping reflectors (SDR's) bem característicos.	29
Figura 5. 32: Linha sísmica 231-1354 não interpretada.....	30
Figura 5. 33: Linha sísmica 228-327 mostrando os cones vulcânicos da Formação Curumim que extrudem a partir de condutos através da crosta continental muito estirada (CCME) e da crosta oceânica (CO).	31
Figura 5. 34: Linha sísmica 228-327 não interpretada.	32
Figura 5. 35: Linha sísmica 231-471 mostrando os padrões de refletores internos da crosta continental pouco estirada (CCPE), marcados por refletores caóticos e reflexões múltiplas do topo da CCPE.	33
Figura 5. 36: Linha sísmica 231-471 não interpretada.	34
Figura 5. 37: Linha sísmica 239-359 mostrando a quebra de inclinação e aumento da profundidade da interface entre a crosta continental pouco estirada (CCPE) e a crosta continental muito estirada (CCME), que ocorre na plataforma média da Bacia de Pelotas.	35
Figura 5. 38: Linha sísmica 239-359 não interpretada.	36
Figura 5. 39: Linha sísmica 239-370, onde pode-se observar o gradativo afinamento da crosta continental pouco estirada (CCPE) e o espessamento da crosta continental muito estirada (CCME), em direção dip.	37
Figura 5. 40: Linha sísmica 239-370 não interpretada.	38
Figura 5. 41: Mapa estrutural em tempo sísmico do topo da crosta continental pouco estirada (CCPE). As falhas que afetam a CCPE são da fase sin-rifte (marcadas em vermelho).	39
Figura 5. 42: Linha sísmica 231-1351 interpretada e não interpretada, mostrando o acentuado declive do topo da crosta continental pouco estirada (CCPE), que ocorre na porção norte da Bacia de Pelotas.....	40
Figura 5. 43: Linha sísmica 034-001 interpretada e não interpretada, mostrando o declive mais suave do topo da crosta continental pouco estirada (CCPE) que ocorre na região sul da Bacia de Pelotas.....	41
Figura 5. 44: Linha sísmica 228-325 mostrando os padrões de refletores internos da crosta continental muito estirada (CCME), com intensa deformação, na forma de falhamentos e dobramentos, de litotipos de granitóides, seções sedimentares e vulcânicas sin-rifte (SEQ-2), sedimentos da Bacia do Paraná (SEQ-1) e diversos derrames vulcânicos associados, de forma indistinta, impossibilitando a individualização destes litotipos.	42
Figura 5. 45: Linha sísmica 228-325 não interpretada.	43
Figura 5. 46: Linha sísmica 231-495, mostrando os padrões de refletores mergulhantes (SDR's), porém não-associados a crosta oceânica (CO), e sim à crosta continental muito estirada (CCME), e interpretados como sucessivos derrames vulcânicos, seções sin-rifte (SEQ-2) e rochas sedimentares da Bacia do Paraná (SEQ-1) intensamente deformados, de forma indistinta, impossibilitando a individualização destes litotipos.	44
Figura 5. 47: Linha sísmica 231-495 não interpretada.	45
Figura 5. 48: Mapa estrutural em tempo sísmico do topo da crosta continental muito estirada (CCME), incluindo os derrames vulcânicos geneticamente associados e os cones vulcânicos da Formação Curumim.	46
Figura 5. 49: Linha sísmica 228-313 mostrando o padrão tabular e conformante da crosta continental muito estirada (CCME) sobre a crosta continental pouco estirada (CCPE) observado na região sul da Bacia de Pelotas.....	47
Figura 5. 50: Linha sísmica 228-313 não interpretada.	48
Figura 5. 51: Linha sísmica 228-327, onde formas especulativas de meio-grábens internos à crosta continental muito estirada (CCME) são levantadas, porém sem resolução sísmica e cobertura espacial o suficiente para mapeamento.	50

<i>Figura 5. 52: Linha sísmica 228-327 não interpretada.</i>	<i>51</i>
<i>Figura 5. 53: Mapa estrutural em tempo sísmico da base da SEQ-2 (rifte), com as falhas sin-rifte mapeadas (em laranja).</i>	<i>52</i>
<i>Figura 5. 54: Mapa estrutural em tempo sísmico do topo da SEQ-2 (rifte), com as falhas sin-rifte mapeadas (em laranja).</i>	<i>53</i>
<i>Figura 5. 55: Mapa de espessuras sísmicas da SEQ-2 (rifte), com as falhas sin-rifte mapeadas (em amarelo).</i>	<i>54</i>
<i>Figura 5. 56: Linha sísmica 228-315, mostrando o sistema de falhamentos antitético formador dos meio-grábens da SEQ-2.</i>	<i>55</i>
<i>Figura 5. 57: Linha sísmica 228-315 não interpretada.</i>	<i>56</i>
<i>Figura 5. 58: Mapa mostrando as falhas sin-rifte mapeadas na região proximal do Cone do Rio Grande. As falhas de orientação NE são normais antitéticas, e na região do eixo principal do cone são deslocadas por um sistema de falhas NW, transcorrentes, destrais (falhas azul e verde, paralelas). Linha vermelha = embasamento da Bacia de Pelotas; Linha azul = linha de costa.</i>	<i>57</i>
<i>Figura 5. 59: Linha sísmica 231-1343, onde observa-se a falha em questão, (vide discussão na página 48 na cor lilás escura, no centro da imagem, como falha de borda de um meio-gráben.</i>	<i>58</i>
<i>Figura 5. 60: Linha sísmica 231-1343 não interpretada.</i>	<i>59</i>
<i>Figura 5. 61: Linha sísmica 228-315, onde a falha em questão, na cor lilás escura, que na figura anterior era uma falha de borda, nesta seção ocorre na forma de uma falha interna ao meio-gráben.</i>	<i>60</i>
<i>Figura 5. 62: Linha sísmica 228-315 não interpretada.</i>	<i>61</i>
<i>Figura 5. 63: Linha sísmica 228-317, onde a falha em questão, na cor lilás escura, é uma falha embrionária de meio-gráben, de pequena expressão em relação às seções anteriores, mostrando a variabilidade lateral do sistema de falhamentos da SEQ-2.</i>	<i>62</i>
<i>Figura 5. 64: Linha sísmica 228-317 não interpretada.</i>	<i>63</i>
<i>Figura 5. 65: Linha sísmica 231-1355, mostrando a interface entre a crosta continental muito estirada (CCME) e a crosta oceânica (CO), e os refletores do tipo SDR da crosta oceânica. .</i>	<i>64</i>
<i>Figura 5. 66: Linha sísmica 231-1355 não interpretada.</i>	<i>65</i>
<i>Figura 5. 67: Linha 231-1355, mostrando o topo da crosta oceânica (CO) mapeado (horizonte laranja). Observar o cruzamento de refletores do mesmo (linhas azuis claras), relacionado à deposição de sedimentos da SEQ-3 síncronos à formação de basaltos de fundo oceânico da CO. Como os refletores evidenciam as superfícies deposicionais, um mapeamento litológico para delimitação da CO deve necessariamente cruzar os refletores, seguindo apenas os padrões de reflexão, e não as terminações. No caso, as rochas sedimentares da SEQ-3 apresentam padrões de refletores de menor amplitude, maior continuidade lateral e menor espessura, enquanto que a CO apresenta refletores de maior amplitude, maior espessura e não tão contínuos.</i>	<i>66</i>
<i>Figura 5. 68: Linha 231-1355 não interpretada.</i>	<i>67</i>
<i>Figura 5. 69: Mapa estrutural em tempo sísmico do topo da crosta oceânica mapeada, e sua área de abrangência.</i>	<i>68</i>
<i>Figura 5. 70: Reprodução da fase final do modelo geológico proposto, com o arcabouço de horizontes mapeados. O horizonte vermelho é o topo da crosta continental pouco estirada (CCPE), o horizonte amarelo é o topo da seção rifte (SEQ-2), o horizonte verde é o topo da crosta continental muito estirada (CCME) e o horizonte laranja é o topo da crosta oceânica (CO).</i>	<i>69</i>
<i>Figura 5. 71: Composição de linhas sísmicas 034-223 e 228-327, mostrando todas as unidades basais caracterizadas, mapeadas e discutidas no presente projeto para a Bacia de Pelotas. O horizonte vermelho marca o topo da crosta continental pouco estirada (CCPE), o horizonte verde claro marca o topo da crosta continental muito estirada (CCME), e o horizonte laranja marca o topo da crosta oceânica (CO). Os cones vulcânicos observados sobre a CCME e a CO são a Formação Curumim, que embora seja vinculada à SEQ-3, devido à dificuldade de se</i>	

<i>observar sua base, foram incluídos no mapeamento nestas unidades. Estas unidades compõem o substrato da Bacia de Pelotas, sobre o qual as seqüências deposicionais da margem passiva se assentam (SEQ-3 e SEQ-4).</i>	70
<i>Figura 5. 72: Linha sísmica 239-369, mostrando o LS3, base da SEQ-3, um horizonte mapeado sobre um refletor marcante, geralmente formado pelo contraste entre rochas vulcânicas da CCME e rochas sedimentares da SEQ-3.</i>	71
<i>Figura 5. 73: Linha sísmica 239-369 não interpretada.</i>	72
<i>Figura 5. 74: Mapa estrutural em tempo sísmico do LS3 (base da SEQ-3). O Terraço de Torres é evidenciado pela região alta no centro-norte da Bacia (região em verde), onde encontra-se o poço 1BPS 0006a RS. O Baixo de Mostardas é evidenciado pela região plataformal central deprimida onde está o poço 1RS 0002 RS.</i>	73
<i>Figura 5. 75: Linha sísmica 231-477, onde observa-se os padrões de refletores da SEQ-3 na região norte da Bacia de Pelotas – refletores de alta amplitude, com ampla continuidade lateral.</i>	74
<i>Figura 5. 76: Linha sísmica 231-477 não interpretada.</i>	75
<i>Figura 5. 77: Linha sísmica 228-312, onde observa-se os padrões de refletores da SEQ-3 na região sul da Bacia de Pelotas – refletores de baixa amplitude, com menor continuidade lateral em comparação à área norte.</i>	76
<i>Figura 5. 78: Linha sísmica 228-312 não interpretada.</i>	77
<i>Figura 5. 79: Mapa de isópacas (em tempo sísmico) da SEQ-3.</i>	78
<i>Figura 5. 80: Linha sísmica 248-129, mostrando os anteparos vulcânicos que geram as diferenças de espessura da SEQ-3 na região norte da Bacia de Pelotas, protegendo as calhas da SEQ-3 dos sucessivos eventos erosivos.</i>	79
<i>Figura 5. 81: Linha sísmica 248-129 não interpretada.</i>	80
<i>Figura 5. 82: Linha sísmica 228-327, mostrando o padrão progradante predominante na SEQ-4.</i>	81
<i>Figura 5. 83: Linha sísmica 228-327 não interpretada.</i>	82
<i>Figura 5. 84: Mapa de isópacas (em tempo sísmico) da SEQ-4. É possível reconhecer o Baixo de Mampituba alinhado NE, entre os poços 1BPS 0006A RS e 2RSS 0001 RS, na forma de um espessamento, igualmente ao Baixo de Garopaba, na mesma orientação, porém na região norte da bacia, entre os poços 1SCS 0002 SC e 1BPS 0007 RS.</i>	83
<i>Figura 5. 85: Linha sísmica 231-1355, que mostra a relação entre o aumento de espessuras na SEQ-4 e as progradações de suas seqüências deposicionais internas. A zona das clinofórmulas progradantes de cada seqüência deposicional sempre é marcada por um aumento nas espessuras.</i>	84
<i>Figura 5. 86: Linha sísmica 231-1355 não interpretada.</i>	85
<i>Figura 5. 87: Linha sísmica 228-313 interpretada e não interpretada, mostrando a expressão sísmica da SEQ-4a e seu horizonte basal o LS4.</i>	86
<i>Figura 5. 88: Linha sísmica 228-317, mostrando o caráter erosivo do LS-4 (base da SEQ-4a, horizonte verde escuro), e o posterior padrão de onlap dos refletores sobre esta discordância.</i>	87
<i>Figura 5. 89: Linha sísmica 228-317 não interpretada.</i>	88
<i>Figura 5. 90: Mapa estrutural (em tempo sísmico) do LS4a, base da SEQ-4a.</i>	89
<i>Figura 5. 91: Linha sísmica 231-1340 interpretada e não interpretada, mostrando os padrões de refletores internos da SEQ-4a.</i>	90
<i>Figura 5. 92: Mapa de isópacas (em tempo sísmico) da SEQ-4a. Observar as baixas espessuras (até erosão total) na região do Terraço de Torres e na região sudoeste da Bacia de Pelotas.</i>	91
<i>Figura 5. 93: Linha sísmica 231-486 interpretada e não interpretada, mostrando o comportamento espacial da SEQ-4a na borda sul do Terraço de Torres, controlada pela Escarpa do Quintão. Observar a diminuição de espessuras na área do terraço.</i>	92

Figura 5. 94: Linha sísmica 231-486 não interpretada.	93
Figura 5. 95: Linha sísmica 231-1355, mostrando o comportamento sismoestratigráfico da SEQ-4b, e de sua discordância basal, o LS4b (horizonte amarelo), no qual os estratos sobrejacentes se assentam em padrão de onlap na quebra da plataforma. Já em águas profundas, a horizontalidade dos refletores indica uma concordância correlata.	94
Figura 5. 96: Linha sísmica 231-1355 não interpretada.....	95
Figura 5. 97: Mapa estrutural (em tempo sísmico) do horizonte LS4b (base da SEQ-4b).....	96
Figura 5. 98: Linha sísmica 231-1354, mostrando os padrões de sismofácies da SEQ-4b ondulados, com alta amplitude e sigmoidais na porção proximal, e plano-paralelos de baixa amplitude na região distal.	97
Figura 5. 99: Linha sísmica 231-1354 não interpretada.....	98
Figura 5. 100: Linha sísmica 228-315, mostrando a ocorrência da SEQ-4b, e sua amostragem pelos poços 1RSS 0002 RS e 1RSS 0003 RS.	99
Figura 5. 101: Linha sísmica 228-315 sem interpretação.	100
Figura 5. 102: Mapa de isópacas (em tempo sísmico) da SEQ-4b. Notar concentrações de até 950 ms da seqüência na região NE (condicionada pelo Baixo de Garopaba) e na região do Cone de Rio Grande.....	101
Figura 5. 103: Linha sísmica 228-322, interpretada e não interpretada, onde observa-se o espessamento da SEQ-4b sobre o Terraço de Torres, interpretado como formado por um alto aporte localizado nesta área.	102
Figura 5. 104: Linha sísmica 231-1349, mostrando em sentido dip, o espessamento da SEQ-4b sobre o Terraço de Torres.	103
Figura 5. 105: Linha sísmica 231-1349 não interpretada.....	104
Figura 5. 106: Linha sísmica 231-1343, interpretada e não interpretada, mostrando o padrão sismoestratigráfico da SEQ-4c.	105
Figura 5. 107: Linha sísmica 231-1343 não interpretada.....	106
Figura 5. 108: Linha sísmica 228-317, onde observa-se o padrão de onlap na plataforma da SEQ-4c, sobre um truncamento erosivo.	107
Figura 5. 109: Linha sísmica 228-317 não interpretada.....	108
Figura 5. 110: Linha sísmica 231-1354, onde observa-se o padrão de downlap dos refletores da SEQ-4c da porção distal.	109
Figura 5. 111: Linha sísmica 231-1354 não interpretada.....	110
Figura 5. 112: Linha sísmica 228-322, interpretada e não interpretada, apresentando a expressão sísmica do LS4c, na forma de um refletor de alta amplitude e ampla continuidade na linha sísmica, fornecendo um confiável mapeamento.....	111
Figura 5. 113: Mapa estrutural (em tempo sísmico) do LS4c (base da SEQ-4c). Notar distribuição uniforme e a declividade suave.	112
Figura 5. 114: Linha sísmica 231-1347, mostrando os padrões caóticos e difusos de refletores na região profunda após a Escarpa do Quintão (à direita da imagem) na SEQ-4c, indicando tratar-se de escorregamentos e fluxos de massas relacionados a colapsos na escarpa.....	113
Figura 5. 115: Linha sísmica 231-1347 não interpretada.....	114
Figura 5. 116: Linha sísmica 231-1346, mostrando na região distal downlaps relacionados aos sucessivos aportes plataformais que ocorrem na SEQ-4c.....	115
Figura 5. 117: Linha sísmica 231-1346 não interpretada.....	116
Figura 5. 118: Linha sísmica 231-1341, onde observa-se a clinofoma fortemente agradacional da SEQ-4c, possivelmente associada a um trato de nível alto.....	117
Figura 5. 119: Linha sísmica 231-1341, não interpretada.....	118
Figura 5. 120: Linha sísmica 228-327, mostrando clinofomas progradantes da SEQ-4c, em regiões profundas, interpretadas como formadas durante um trato de nível baixo (cunhas de mar baixo).	119

<i>Figura 5. 121: Linha sísmica 228-327 não interpretada.....</i>	<i>120</i>
<i>Figura 5. 122: Mapa de isópacas (em tempo sísmico) da SEQ-4c. Notar que o Baixo de Garopaba apresenta as menores espessuras, contrastando com a deposição na época da SEQ-4B (comparar com a Figura 5. 102).....</i>	<i>121</i>
<i>Figura 5. 123: Linha sísmica 231-1354, mostrando a estrutura plataformal formada pela SEQ-4b que gerou uma zona de bypass para a SEQ-4c, que por conseguinte, espessa após este alto estratigráfico.</i>	<i>122</i>
<i>Figura 5. 124: Linha sísmica 231-1354 não interpretada.....</i>	<i>123</i>
<i>Figura 5. 125: Linha sísmica 231-486, interpretada e não interpretada, mostrando as primeiras cicatrizes e afinamentos relacionados à Escarpa de Quintão internos à SEQ-4c, indicando ser durante esta seqüência deposicional o início da atividade da Escarpa como geradora de colapsos.</i>	<i>124</i>
<i>Figura 5. 126: Linha sísmica 228-324, mostrando a sobreposição das discordâncias LS4b e LS4c, relacionadas aos sucessivos colapsos ocorrentes na Escarpa do Quintão.</i>	<i>125</i>
<i>Figura 5. 127: Linha sísmica 228-324 não interpretada.....</i>	<i>126</i>
<i>Figura 5. 128: Linha sísmica 231-1345, interpretada e não interpretada, mostrando a grande espessura da SEQ-4c, interpretada como resultado de um alto aporte localizado.....</i>	<i>127</i>
<i>Figura 5. 129: Linha sísmica 228-313, interpretada e não interpretada, mostrando a baixa espessura da SEQ-4c na região do Cone do Rio Grande, possivelmente relacionada ao forte caráter erosivo do LS4d.</i>	<i>128</i>
<i>Figura 5. 130: Linha sísmica 231-1355, mostrando o padrão sismoestratigráfico da SEQ-4d, onde pode-se observar os padrões de onlap na região de talude, sobre o LS-4d (base da seqüência deposicional).</i>	<i>129</i>
<i>Figura 5. 131: Linha sísmica 231-1355 não interpretada.....</i>	<i>130</i>
<i>Figura 5. 132: Linha sísmica 231-486 interpretada e não interpretada, mostrando as cicatrizes e depósitos de escorregamentos associados, internos à SEQ-4d.</i>	<i>131</i>
<i>Figura 5. 133: Mapa estrutural (em tempo sísmico) do LS4d (base da SEQ-4d). Notar distribuição uniforme e caimento suave da superfície em questão.....</i>	<i>132</i>
<i>Figura 5. 134: Linha sísmica 231-1344, onde pode-se observar os padrões sigmoidais da SEQ-4d na quebra da plataforma.</i>	<i>133</i>
<i>Figura 5. 135: Linha sísmica 231-1344 sem interpretação.....</i>	<i>134</i>
<i>Figura 5. 136: Linha sísmica 231-1354, mostrando os padrões em lençol e downlaps na região profunda da SEQ-4d.....</i>	<i>135</i>
<i>Figura 5. 137: Linha sísmica 231-1354 não interpretada.....</i>	<i>136</i>
<i>Figura 5. 138: Linha sísmica 248-123, mostrando a expressão sísmica do LS4d (base da SEQ-4d), associado a mounds que foram amostrados pelo poço 1BPS 0007 BP e são compostos por arenitos, que devido a esta geometria sísmica, possivelmente tratam-se de corpos turbidítico.</i>	<i>137</i>
<i>Figura 5. 139: Linha sísmica 248-123 não interpretada.....</i>	<i>138</i>
<i>Figura 5. 140: Linha sísmica 228-327 mostrando dois padrões sismoestratigráficos distintos da SEQ-4d – progradações plataformais, associadas a um trato de sistemas de nível alto, e uma progradação distal, em águas profundas, associada a um trato de sistemas de nível baixo.....</i>	<i>139</i>
<i>Figura 5. 141: Linha sísmica 228-327 sem interpretação.</i>	<i>140</i>
<i>Figura 5. 142: Mapa de isópacas (em tempo sísmico) da SEQ-4d, demonstrando a pouca preservação da seqüência deposicional.</i>	<i>141</i>
<i>Figura 5. 143: Mapa estrutural (em tempo sísmico) do LS4e (base da SEQ-4e).....</i>	<i>142</i>
<i>Figura 5. 144: Linha sísmica 239-369, mostrando a forma suave e paralela da discordância LS4e.....</i>	<i>143</i>
<i>Figura 5. 145: Linha sísmica 239-369 não interpretada.</i>	<i>144</i>
<i>Figura 5. 146: Linha sísmica 044-153, interpretada e não interpretada, apresentando a erosão plana plataformal do LS4e (base da SEQ-4e), marcada na figura pelo horizonte azul claro.</i>	<i>145</i>

<i>Figura 5. 147: Linha sísmica 231-1355, mostrando os padrões de refletores da SEQ-4e (entre os horizontes azul claro e azul escuro). Observa-se paralelismos e progradações plataformais, refletores caóticos na plataforma e paralelismos e onlaps distais.....</i>	<i>146</i>
<i>Figura 5. 148: Linha sísmica 231-1355 não interpretada.....</i>	<i>147</i>
<i>Figura 5. 149: Mapa de isópacas (em tempo sísmico) da SEQ-4e. Notar o pequeno depocentro sobre o Baixo de Garopaba e a deposição mais expressiva sobre o Terraço de Torres.....</i>	<i>148</i>
<i>Figura 5. 150: Linha sísmica 248-128, mostrando o aumento de espessuras relacionado a progradações na SEQ-4e.</i>	<i>149</i>
<i>Figura 5. 151: Linha sísmica 248-128 não interpretada.....</i>	<i>150</i>
<i>Figura 5. 152: Linha sísmica 231-486, mostrando a erosão total da SEQ-4e na Escarpa do Quintão.</i>	<i>151</i>
<i>Figura 5. 153: Linha sísmica 231-486 não interpretada.....</i>	<i>152</i>
<i>Figura 5. 154: Mapa estrutural (em tempo sísmico) do horizonte LS4f (base da SEQ-4f). Notar a inexistência de feições morfológicas na área do Cone de Rio Grande, indicando que tal estruturas não se encontrava ativa à época que iniciou-se a SEQ-4f.</i>	<i>153</i>
<i>Figura 5. 155: Linha sísmica 034-225, interpretada e não interpretada, apresentando a erosão regular plataformal do LS4f (base da SEQ-4f), sem incisões.....</i>	<i>154</i>
<i>Figura 5. 156: Linha sísmica 231-1351, mostrando as progradações plataformais da SEQ-4f, multifásicas, indicativo de diversos eventos de ordens diferentes superimpostos.....</i>	<i>155</i>
<i>Figura 5. 157: Linha sísmica 231-1351 não interpretada.....</i>	<i>156</i>
<i>Figura 5. 158: Mapa de isópacas (em tempo sísmico) da SEQ-4f. Notar o aumento da espessura na área do cone de Rio Grande, mostrando que essa estrutura iniciou sua evolução durante o desenvolvimento da SEQ-4f.....</i>	<i>157</i>
<i>Figura 5. 159: Linha sísmica 228-312, mostrando o sistema de falhamentos do Cone do Rio Grande, que iniciam-se dentro da SEQ-4f, a partir de uma falha de descolamento nucleada no LS-4f. Porém, os falhamentos associados a este descolamento não afetam a base da SEQ-4f.....</i>	<i>158</i>
<i>Figura 5. 160: Linha sísmica 228-312 não interpretada.....</i>	<i>159</i>
<i>Figura 5. 161: Linha sísmica 231-498, mostrando a erosão total da SEQ-4f na região de borda do Terraço de Torres, próxima à Escarpa de Quintão.....</i>	<i>160</i>
<i>Figura 5. 162: Linha sísmica 231-498 não interpretada.....</i>	<i>161</i>
<i>Figura 5. 163: Mapa estrutural (em tempo sísmico) do horizonte LS4g (base da SEQ-4g). Notar erosão na borda do Alto de Florianópolis e a estruturação no Cone de Rio Grande.....</i>	<i>162</i>
<i>Figura 5. 164: Linha sísmica 034-005, interpretada e não interpretada, mostrando o caráter plano e regular da SEQ-4g na região plataformal, sem indícios de incisões associadas.....</i>	<i>163</i>
<i>Figura 5. 165: Linha sísmica 231-1352, mostrando o padrão espacial do LS4g, base da SEQ-4g, sem grandes declives na região norte da Bacia de Pelotas, não ultrapassando os 4,5 segundos de profundidade.....</i>	<i>164</i>
<i>Figura 5. 166: Linha sísmica 231-1352 não interpretada.....</i>	<i>165</i>
<i>Figura 5. 167: Linha sísmica 231-1351, mostrando os padrões de refletores da SEQ-4g, com clinofomas progradantes na plataforma, onlaps no talude e offlaps distais.</i>	<i>166</i>
<i>Figura 5. 168: Linha sísmica 231-1351 não interpretada.....</i>	<i>167</i>
<i>Figura 5. 169: Linha sísmica 228-312, mostrando o padrão de falhamentos do Cone do Rio Grande que afeta a SEQ-4g, na forma de falhas normais, sintéticas e antitéticas a oeste, e falhas compressivas de cavalgamento distais a leste.</i>	<i>168</i>
<i>Figura 5. 170: Linha sísmica 228-312, não interpretada.....</i>	<i>169</i>
<i>Figura 5. 171: Linha sísmica 231-465, mostrando o sistema de falhamentos do Cone do Rio Grande que afetam a SEQ-4g, com falhas normais sintéticas e antitéticas, gerando blocos altos e baixos bem delineados.</i>	<i>170</i>
<i>Figura 5. 172: Linha sísmica 231-465 não interpretada.....</i>	<i>171</i>
<i>Figura 5. 173: Linha sísmica 231-1354, mostrando as clinofomas progradantes da SEQ-4g.</i>	<i>172</i>

Figura 5. 174: Linha sísmica 231-1354 não interpretada.....	173
Figura 5. 175: Linha sísmica 231-1345, mostrando os padrões caóticos na região de talude, relacionados a colapsos e cicatrizes.....	174
Figura 5. 176: Linha sísmica 231-1345 não interpretada.....	175
Figura 5. 177: Linha sísmica 231-1341, interpretada e não interpretada, mostrando os padrões de refletores na região distal da SEQ-4g, com offlaps, onlaps e estruturas montiformes e mounds, indicativos de deposição de leques de assoalho sobre o LS4g.....	176
Figura 5. 178: Mapa de isópacas (em tempo sísmico) da SEQ-4g. Observar a zona tabular no norte, indicando o preenchimento dos baixos de garopaba e Mampituba.....	177
Figura 5. 179: Linha sísmica 228-322, mostrando a deposição regular sobre as diversas feições geomorfológicas (Alto de Florianópolis / Terraço de Torres) da Bacia de Pelotas, indicativo de pouca atividade tectônica e aporte regular.....	178
Figura 5. 180: Linha sísmica 228-322 não interpretada.....	179
Figura 5. 181: Linha sísmica 0231-1356, mostrando a erosão total da SEQ-4g, associada a escorregamentos atuais na Escarpa do Quintão.....	180
Figura 5. 182: Linha sísmica 0231-1356 não interpretada.....	181
Figura 5. 183: Linha sísmica 228-318, mostrando o pacote de depósitos de escorregamentos da SEQ-4g, delimitados na base pelo LS4g (horizonte magenta), e seu topo marcado no horizonte laranja. Os padrões internos mostram médias a baixas continuidades laterais, baixas amplitudes e refletores rugosos, indicativos de depósitos de escorregamentos.....	182
Figura 5. 184: Linha sísmica 228-318 não interpretada.....	183
Figura 5. 185: Linha sísmica 228-317, mostrando os depósitos de escorregamentos da SEQ-4g, delimitados na base pelo LS4g (horizonte magenta), e seu topo marcado no horizonte laranja. Os padrões internos mostram médias a baixas continuidades laterais, baixas amplitudes e refletores rugosos, indicativos de depósitos de escorregamentos. Notar a deposição multifásica destes depósitos, que ao longo do tempo se empilham mais distalmente em relação à escarpa geradora.....	184
Figura 5. 186: Linha sísmica 228-317 não interpretada.....	185
Figura 5. 187: Mapa estrutural sísmico da fase rifte (SEQ-2).....	187
Figura 5. 188: Linha sísmica 231-1341, mostrando o sistema de falhamentos normal antitético dominante na fase rifte, controlador dos meio-grábens.....	188
Figura 5. 189: Linha sísmica 231-1341 não interpretada.....	189
Figura 5. 190: Linha sísmica 228-312, mostrando os meio-grábens da fase rifte (SEQ-2), geralmente preenchidos por sedimentos clásticos intercalados com vulcânicas.....	190
Figura 5. 191: Linha sísmica 228-312 não interpretada.....	191
Figura 5. 192: Linha sísmica 231-1345, interpretada e não interpretada, mostrando a expressão sísmica do regime estrutural sin-rifte na porção superior da região rifteada (que inicia-se ao sul do Baixo de Mampituba), na forma de discretos, isolados e pouco profundos meio-grábens.....	192
Figura 5. 193: Linha sísmica 239-370, mostrando a expressão sísmica do regime estrutural sin-rifte na porção inferior da região rifteada (na região proximal do Cone do Rio Grande), onde os meio-grábens se unem, formando uma estrutura compartimentada, mais profunda e mais extensa.....	193
Figura 5. 194: Linha sísmica 239-370 não interpretada.....	194
Figura 5. 195: Linha sísmica 231-1341, interpretada e não interpretada, mostrando em sentido dip a feição do Baixo de Mostardas, um meio-gráben composto com sistemas de falhas antitéticas e rotação de blocos.....	195
Figura 5. 196: Linha sísmica 034-005, interpretada e não interpretada, mostrando em sentido strike a feição do Baixo de Mostardas, um meio-gráben composto com sistemas de falhas antitéticas arqueadas, que delimitam também lateralmente o meio-gráben.....	196

<i>Figura 5. 197: Linha sísmica 231-462, interpretada e não interpretada, onde o sistema de meio-grábens é mapeado até o final da região plataformal, não se estendendo por seções mais a leste devido a falta de resolução sísmica. Porém, é possível que ocorram sistemas de meio-grábens profundos nestas regiões, conforme observado nos dados gravimétricos e magnetométricos.</i>	<i>197</i>
<i>Figura 5. 198: Linha sísmica 231-1341, mostrando as reativações pós-rifte das falhas da fase rifte. No caso, as reativações ocorrem durante os derrames vulcânicos da fase de estiramento final da crosta continental (seção entre os horizontes amarelo e verde claro), e durante a SEQ-3 (seção entre os horizontes verde claro e verde escuro). Estas reativações não estão mais associadas ao regime de rifteamento crustal, apenas aproveitam o sistema de falhamentos pretérito.</i>	<i>198</i>
<i>Figura 5. 199: Linha sísmica 231-1341 não interpretada.</i>	<i>199</i>
<i>Figura 5. 200: Mapa estrutural sísmico das falhas adiastróficas atuantes no Cone do Rio Grande.</i>	<i>201</i>
<i>Figura 5. 201: Linha sísmica 231-463, interpretada e não interpretada, mostrando o sistema estrutural geral do Cone do Rio Grande, com falhamentos normais antitéticos, sintéticos e falhas inversas de cavalgamento.</i>	<i>202</i>
<i>Figura 5. 202: Linha sísmica 231-462, mostrando em detalhe a falha de descolamento principal do Cone do Rio Grande (falha em verde claro), e o sistema de falhamentos normais sintéticos líttricos associado (falhas verde escura, azul escura e azul clara).</i>	<i>203</i>
<i>Figura 5. 203: Linha sísmica 231-462 não interpretada.</i>	<i>204</i>
<i>Figura 5. 204: Linha sísmica 231-461, mostrando o sistema de falhamentos normais sintéticos e antitéticos, que juntos geram altos e baixos relativos bem delineados na região do Cone do Rio Grande.</i>	<i>205</i>
<i>Figura 5. 205: Linha sísmica 231-461 não interpretada.</i>	<i>206</i>
<i>Figura 5. 206: Linha sísmica 231-460, mostrando o sistema de falhamentos normais sintéticos que gera rotações de blocos, com bloco alto para leste, e mergulho de camadas para oeste.</i>	<i>207</i>
<i>Figura 5. 207: Linha sísmica 231-460 não interpretada.</i>	<i>208</i>
<i>Figura 5. 208: Linha sísmica 228-313, mostrando o sistema de falhas inversas de cavalgamento (falhas em amarelo e laranja), geradas pela compressão frontal do Cone do Rio Grande, reflexo estrutural direto do descolamento proximal.</i>	<i>209</i>
<i>Figura 5. 209: Linha sísmica 228-313 não interpretada.</i>	<i>210</i>
<i>Figura 5. 210: Linha sísmica 231-462, mostrando as falhas de cavalgamento (falhas em amarelo e laranja), bem demarcadas, e com quantidade de rejeito bem determinado.</i>	<i>211</i>
<i>Figura 5. 211: Linha sísmica 231-462 não interpretada.</i>	<i>212</i>
<i>Figura 5. 212: Linha sísmica 228-313, onde observa-se a intensa deformação compressiva na região frontal do Cone do Rio Grande. As falhas mapeadas (falhas em amarelo e laranja) se misturam com uma grande quantidade de falhas menores na região de alta deformação, que afeta até sedimentos atuais de fundo oceânico.</i>	<i>213</i>
<i>Figura 5. 213: Linha sísmica 228-313 não interpretada.</i>	<i>214</i>
<i>Figura 5. 214: Proposta de Carta Cronoestratigráfica para a Bacia de Pelotas, elaborada a partir das interpretações do Projeto BAPEL.</i>	<i>217</i>

ÍNDICE TABELAS

Tabela 5. 1: Velocidades de propagação em diversos materiais geológicos. Compilado de Telfort et al. (1986) e Dobrin (1974). Notar o contraste de velocidade entre ondas P e S, e o papel fundamental da densidade na velocidade sísmica.8