



Universidade do Estado do Rio de Janeiro

Centro de Tecnologia e Ciências

Faculdade de Geologia

Thamila Bastos de Menezes

**Avaliação Estratigráfica da Sub-bacia de Juruena,
Bacia dos Parecis**

Rio de Janeiro

2017

Thamila Bastos de Menezes

Avaliação Estratigráfica da Sub-bacia de Juruena, Bacia dos Parecis

Dissertação apresentada, como requisito parcial para obtenção do título de Mestre, ao Programa de Pós-Graduação em Análise de Bacias e Faixas Móveis, da Universidade do Estado do Rio de Janeiro. Área de concentração: Análise de Bacias.

Orientador: Prof. Dr. Hernani Fernandes Aquini Chaves

Rio de Janeiro

2017

CATALOGAÇÃO NA FONTE
UERJ / REDE SIRIUS / BIBLIOTECA CTC/C

M543 Menezes, Thamila Bastos de.
Avaliação Estratigráfica da Sub-bacia de Juruena, Bacia dos Parecis / Thamila Bastos de Menezes. – 2017.
79 f. : il.

Orientador: Hernani Fernandes Aquini Chaves..
Dissertação (Mestrado) - Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Faculdade de Geologia.
Bibliografia.

1. Geologia estratigráfica – Parecis, Bacia de (AM) – Teses. 2. Sedimentação e depósitos – Parecis, Bacia de (AM) – Teses. 3. Levantamentos geológicos – Parecis, Bacia de (AM) – Teses. 4. Prospecção sísmica – Parecis, Bacia de (AM) – Teses. I. Chaves, Hernani Fernandes Aquini. II. Universidade do Estado do Rio de Janeiro. Faculdade de Geologia. III. Título.

CDU 551.243

Bibliotecária responsável: Fernanda Maria lobo da Fonseca / CRB7 5265

Autorizo, apenas para fins acadêmicos e científicos, a reprodução total ou parcial desta dissertação, desde que citada a fonte.

Assinatura

Data

Thamila Bastos de Menezes

Avaliação Estratigráfica da Sub-bacia de Juruena, Bacia dos Parecis

Dissertação apresentada, como requisito parcial para obtenção do título de Mestre, ao Programa de Pós-Graduação em Análise de Bacias e Faixas Móveis, da Universidade do Estado do Rio de Janeiro. Área de concentração: Análise de Bacias.

Aprovada em 10 de março de 2017.

Banca Examinadora:

Prof. Dr. Hernani Fernandes Aquini Chaves (Orientador)
Faculdade de Geologia – UERJ

Prof. Dr. Marcus Vinicius Berao Ade
Faculdade de Geologia – UERJ

Prof. Dr. Egberto Pereira
Faculdade de Geologia – UERJ

Dr. Andres Cesar Gordon
Consultor Independente

Rio de Janeiro

2017

DEDICATÓRIA

Aos meus pais, por todo o companheirismo e parceria de vida, e por terem sempre me colocado no caminho do conhecimento.

AGRADECIMENTOS

Talvez tenha aqui a tarefa mais difícil de todo esse trabalho: a de agradecer, de modo justo, aos vários amigos, professores e familiares que contribuíram de forma direta ou indireta com o desenvolvimento dessa dissertação. Se não houvesse a colaboração, a paciência e o estímulo de todas as pessoas que me cercam, não teria sido possível conciliar tantos afazeres. Foi, sem dúvidas, um esforço de todos nós.

Agradeço à Universidade do Estado do Rio de Janeiro e ao Programa de Pós-Graduação em Análises de Bacias da Faculdade de Geologia por ter disponibilizado a infraestrutura necessária para o desenvolvimento deste trabalho.

À CAPES pela concessão da bolsa e financiamento do projeto.

Ao meu orientador, Prof. Dr. Hernani Chaves, por toda paciência e dedicação ao longo desses dois anos de mestrado, e principalmente, por dividir seus conhecimentos comigo.

À minha banca examinadora, Prof. Dr. Marcus Berao, Prof. Dr. Egberto Pereira e Dr. Andres Gordon que apesar de seus inúmeros compromissos, se dispuseram a examinar meu trabalho.

Aos amigos uerjianos que encontrei e que fizeram essa jornada mais leve e agradável: Gabriella, Priscila, Leandro, Guilherme, Thaís, Monique, Stephanie, Henrique, Aimée e outros tantos que passaram por mim ao longo desses dois anos. Em especial à Elaine Loureiro por incentivar o interesse científico pela Bacia dos Parecis e compartilhar seu conhecimento.

Às mestrandas e minhas parceiras do Laboratório de Sismoestratigrafia: Ana Carolina, Luana, Maria Clara e Cassia. Obrigada pela amizade, companheirismo e palavras de conforto, muitas risadas e almoços maravilhosos.

À minha amiga Loren Martins, por toda orientação, amizade, dicas, conselhos e, principalmente por me ajudar nos momentos mais complicados. Obrigada!!!

Ao meu companheiro Felipe por toda paciência, amor, parceria e cumplicidade, mesmo à distância.

RESUMO

MENEZES, Thamila Bastos de. *Avaliação Estratigráfica da Sub-bacia de Juruena, Bacia dos Parecis*. 2017. 79 f. Dissertação (Mestrado em Geologia) – Faculdade de Geologia, Universidade do Estado do Rio de Janeiro, 2017.

A Bacia dos Parecis é uma das maiores bacias intracratônicas brasileiras e tem como substrato o Cráton do Amazonas. Até o momento poucos estudos foram realizados, devido à escassez de dados e, até a primeira década dos anos 2000, a sedimentação na Bacia era considerada predominantemente paleozoica. Nos últimos anos novos dados sísmicos e de poços foram adquiridos, e estudos recentes consideraram, a partir da análise em áreas adjacentes, que a Bacia dos Parecis contém sedimentos proterozoicos. Esta dissertação elaborou, através da interpretação sísmica, correlação de poços e integração destes dados, um modelo deposicional para a idade proterozoica da Bacia, na porção da sub-bacia de Juruena, relacionando com os sedimentos da Faixa Paraguai. O fluxo de trabalho utilizado foi a interpretação sísmica, delimitando grandes pacotes sedimentares e identificação e comportamento das sismofácies de cada sequência na porção norte e sul da área estudada. Outra etapa foi a correlação dos poços, delimitando as sequências com o auxílio do perfil litológico e do padrão da curva de raio gama dos poços 2-SM-0001-MT e 2-ANP-4-MT. Por fim a integração dos dados sísmicos e de poços permitiu o refinamento da interpretação e assim, foi possível associar as sequências mapeadas às formações da Faixa Paraguai. Assim, pode-se considerar que a sedimentação proterozoica da Bacia dos Parecis é uma porção preservada da Faixa Paraguai, com sedimentos depositados num contexto de bacia de margem passiva originada da separação do supercontinente Rodínia. A região sofreu diversos processos orogênicos, sendo a Orogenia Brasileira a mais expressiva, que originou a Faixa Paraguai. A seção proterozoica da Bacia dos Parecis faz parte de uma antiga bacia que soerguiu no processo de colagem do Cráton do Amazonas com o Bloco Paraná. Este trabalho propõe a reorganização das formações da seção neoproterozoica da Bacia dos Parecis, porção sul onde está situada a sub-bacia de Juruena, nas adjacências da Faixa Paraguai Norte. Além de algumas modificações na atual carta estratigráfica. A interpretação sísmica também apresentou feições de escapes de gás na região de subsuperfície do rio Teles Pires, já conhecido por suas exsudações de gás de origens termogênicas, biogênicas e atmosféricas.

Palavras-Chave: Parecis. Sismoestratigrafia. Sísmica. Estratigrafia. Neoproterozoico.

ABSTRACT

MENEZES, Thamila Bastos de. *Stratigraphic Evaluation of the Juruena Sub-basin, Parecis Basin*. 2017. 79 f. Dissertação (Mestrado em Geologia) – Faculdade de Geologia, Universidade do Estado do Rio de Janeiro, 2017.

The Parecis Basin is one of the largest Brazilian intracratonic basins and has the Amazonian Craton as basement. Until now, few studies have been carried out due to lack of available data. Up until the early 2000's, the sedimentation of the basin was considered to be predominantly Paleozoic. Recently, new seismic and well data were acquired, and recent studies that analyze the adjacent areas consider that the Parecis Basin contains Proterozoic sediments. This dissertation elaborated, through the interpretation of seismic data, well correlation and the integration of these data, a depositional model for the Proterozoic age of the basin for the portion of the Juruena sub-basin that is related to the Paraguay Belt sediments. The workflow utilized was seismic interpretation, large sedimentary packages and identification and behavior of the seismic facies for each sequence in the northern and southern portions of the study area. Well correlation was used to delimit the sequences utilizing the lithologic log and the gamma ray curve pattern for the wells 2-SM-0001-MT e 2-ANP-4-MT. Ultimately, the integration of the seismic and well data refined the interpretation and allowed the association of the sequences mapped to the formations of the Paraguay Belt. As such, it can be considered that the Proterozoic sedimentation of the Parecis Basin is a preserved portion of the Paraguay Belt with sediments deposited in context of the passive margin basin originating from the separation of the Rodinia supercontinent. The region suffered various orogenic processes, with the Brasiliana Orogeny being the more expressive, which originated the Paraguay Belt. This is part of the ancient basin that arose from the collision process of the Amazonian Craton with the Parana Block. The conclusion of this work was the reorganization of the formations of the Neoproterozoic section of the southern portion of the Parecis Basin, where the Juruena sub-basin is situated in the vicinity of the northern Paraguay Belt. In addition to this result, it was possible to observe from the seismic interpretation, escape gas structures, predominantly in the 0295-0010 seismic line, which is in the sub-surface region of the Teles Pires river, recognized by the gas exudations of thermogenic, biogenic and atmospheric origins.

Key Words: Parecis. Seismic Stratigraphy. Seismic. Stratigraphy. Neoproterozoic.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 -	Mapa de localização da Bacia dos Parecis	12
Figura 2 -	Correlação entre bacias paleozoicas brasileiras e da América do Sul	14
Figura 3	Carta elaborada por Bahia, 2006	16
Figura 4-	Linha do tempo sobre os estudos da Bacia dos Parecis	18
Figura 5 -	Mapa de poços e dados sísmicos	20
Figura 6 -	Mapa estrutural da Bacia dos Parecis	23
Figura 7 -	Mapa estrutural com as novas estruturas	25
Figura 8 -	Carta estratigráfica proposta por Haeser et al, 2014	27
Figura 9 -	Quadro litoestratigráfico da porção norte da Faixa Paraguai	30
Figura 10 -	Fluxograma da metodologia de interpretação sismoestratigráfica	32
Figura 11 -	Carregamento dos perfis nos poços utilizados	35
Figura 12 -	Sequência estratigráfica dos poços 2-ANP-4-MT e 2-SM-0001MT	36
Figura 13 -	Fluxograma esquemático para geração do sismograma sintético	38
Figura 14 -	Geração do sismograma sintético com a TDR (time-depth relationship) no poço ANP-4-MT	39
Figura 15 -	Hidrografia da região da Bacia dos Parecis	40
Figura 16 -	Linha 0295-0010 com os atributos e Sweetness e TecVa	41
Figura 17 -	Rio Teles Pires e os dados utilizados	42
Figura 18 -	Linha 0295-0010 com o atributo TecVa e as sete sismosequências	43
Figura 19 -	Comportamento da sismosequência S1 nas linhas 0295-0010 e 0295-0007	44
Figura 20 -	Comportamento da sismosequência S2 nas linhas 0295-0010 e 0295-0007	45
Figura 21 -	Comportamento da sismosequência S3 nas linhas 0295-0010 e 0295-0007	45
Figura 22 -	Sismosequência S4 nas linhas 0295-0010 e 0295-0007	46
Figura 23 -	Comportamento das sismosequências S5 e S6 nas linhas 0295-0010 e 0295-0007	48
Figura 24 -	Sismosequência S7 nas linhas 0295-0010 e 0295-0007	49

Figura 25 -	Correlação dos poços 2-SM-0001MT e 2-ANP-4-MT	51
Figura 26 -	Sequências S2 e S5/S6 em destaque	53
Figura 27 -	Seção esquemática do modelo tectossedimentar nas fases rifte e SAG .	56
Figura 28 -	Seção esquemática do modelo tectossedimentar na fase compressional	58
Figura 29 -	Modelo tectonossedimentar completo	59
Figura 30 -	Figura esquemática com a origem dos vents	60
Figura 31 -	Modelos geométricos de identificação dos vents	61
Figura 32 -	Linha 0295-0010 e a estrutura do escape de gás encontrado na Bacia dos Parecis	62
Figura 33 -	Comparação entre a Carta elaborada por Haeser et al., (2014) e a proposta neste trabalho	64

SUMÁRIO

	INTRODUÇÃO	12
1	ÁREA DE ESTUDO	13
1.1	Evolução do conhecimento da Bacia dos Parecis	15
1.2	Dados disponibilizados	21
2	CONTEXTO GEOLÓGICO	22
2.1	Evolução Tectônica	23
2.2	Evolução Estratigráfica	27
2.2.1	<u>Embasamento</u>	29
2.2.2	<u>Sequência do Rifte Basal</u>	29
2.2.3	<u>Sequência Carbonática Inferior e Sequência Siliciclástica Superior</u>	31
2.2.4	<u>Formação Puga</u>	31
2.2.5	<u>Grupo Araras</u>	31
2.2.6	<u>Grupo Alto Paraguai</u>	33
3	METODOLOGIA	34
3.1	Análise das sequências sísmicas	35
3.2	Análise das sequências em perfis de poços	36
3.3	Amarração entre os dados de poço e a sísmica	40
3.4	Integração dos dados	42
4	RESULTADOS	42
4.1	Intepretação Sismoestratigráfica	45
4.2	Correlação de poços	54
5	DISCUSSÕES	58
5.1	Associação das sismosequências às formações geológicas e seu contexto	58
5.2	Geologia Estrutural	63
5.3	Evolução Sedimentar	67
	CONCLUSÃO	69
	REFERÊNCIAS	71
	APÊNDICE – Linhas sísmicas do levantamento 0295_ANP_2D_PARECIS utilizado neste trabalho	74

INTRODUÇÃO

A Bacia dos Parecis é uma das maiores bacias intracratônicas do Brasil e sua cobertura mesozoica tem uma área de 356.376 km². Possui forma retangular e alongada na direção W-E. Localizada na região centro-oeste do Brasil, dentro dos estados de Mato Grosso e Rondônia, está inserida no setor sudeste do Cráton Amazônico. A norte é limitada pelo embasamento cratônico, a sul pela Faixa Paraguai, a leste pela Bacia do Bananal e a oeste pelo Arco do Rio Guaporé

A exploração de hidrocarbonetos é um dos grandes desafios da Bacia dos Parecis devido principalmente, a escassez de dados. Atualmente, existem apenas quatro poços exploratórios perfurados para estudos de hidrocarbonetos, poucos levantamentos regionais de métodos potenciais; e dados sísmicos que se limitam a menos de uma centena de linhas bidimensionais. Até o presente momento, nenhuma descoberta foi relatada. Por essa razão classifica-se a Bacia dos Parecis como bacia de fronteira exploratória (LOUREIRO, 2016).

Recentemente, a idade de sedimentação da Bacia foi reavaliada com base em novos dados adquiridos e associando os sedimentos da Bacia com os sedimentos da Faixa Paraguai (HAESER et al., 2014). A partir destas novas informações, a idade paleozoica da Bacia (SIQUEIRA, 1989; BAHIA et al., 2006) foi abandonada, dando vez a uma sedimentação mais antiga de idade neoproterozoica (HAESER et al, 2014).

A partir dessa nova configuração, fez-se necessário um estudo mais aprofundado da evolução sedimentar da Bacia dos Parecis. Neste contexto, o presente trabalho tem como foco detalhar o arcabouço estratigráfico da Bacia dos Parecis, especialmente a sub-bacia de Juruena, utilizando a metodologia de trabalho adotada na indústria de hidrocarbonetos: interpretação sísmica e de perfis de poços, bem como a integração destes métodos a fim de construir um modelo evolutivo da sedimentação neoproterozoica da área de estudo.

Espera-se que os resultados aqui apresentados possam contribuir para o melhor entendimento da evolução geológica da área estudada e, estimular novas campanhas de aquisição de dados para a Bacia dos Parecis.

Este texto organiza-se da seguinte maneira: o capítulo 1 apresenta o objetivo central e específico deste trabalho; o capítulo 2 situa a área estudada, mostra a evolução do conhecimento da Bacia e os dados utilizados; o capítulo 3 descreve todo o contexto regional em detalhes, como a evolução estratigráfica e tectônica. O capítulo 4 expõe a metodologia

aplicada neste projeto; capítulo 5 apresenta os resultados obtidos, o capítulo 6 expõe as discussões; e, por fim, o capítulo 7 traz a conclusão.

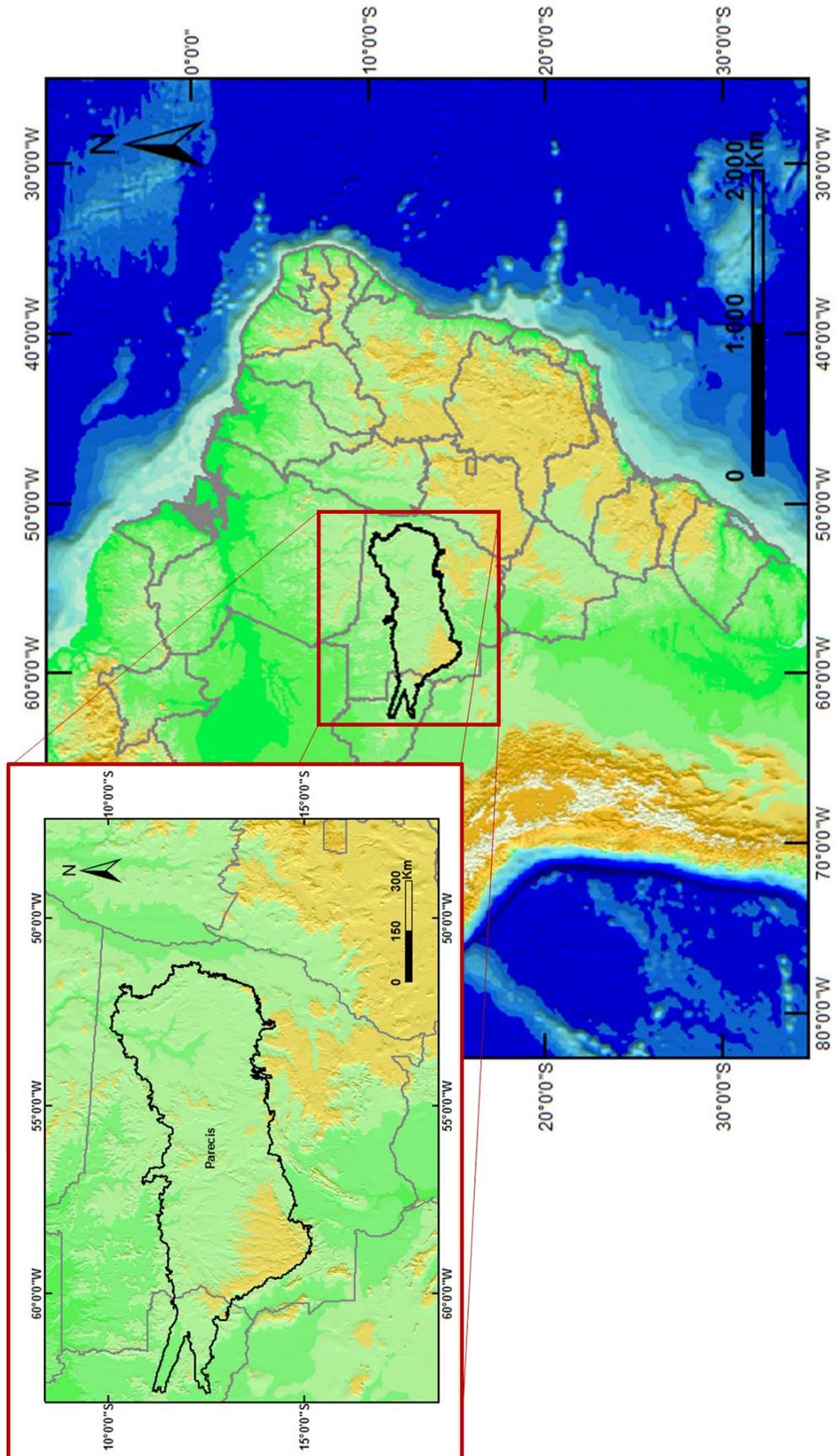
OBJETIVOS

O objetivo deste trabalho é o detalhamento do arcabouço estratigráfico da sub-bacia de Juruena, situada na porção central entre os arcos estruturais de Vilhena (oeste) e Serra Formosa (leste), através de três etapas: interpretação sísmica e mapeamento das principais sequências estratigráficas; correlação de poços, e a integração desses métodos para a criação do modelo deposicional da seção neoproterozoica da bacia.

1 **ÁREA DE ESTUDO**

A Bacia dos Parecis está situada nas regiões centro-oeste e norte do Brasil ocupando os estados de Mato Grosso e Rondônia, com área de 356.376 km² e espessura sedimentar de aproximadamente 6000m no depocentro (Figura 1).

Figura 1- Mapa de localização da Bacia dos Parecis.



Fonte: A autora, 2017.

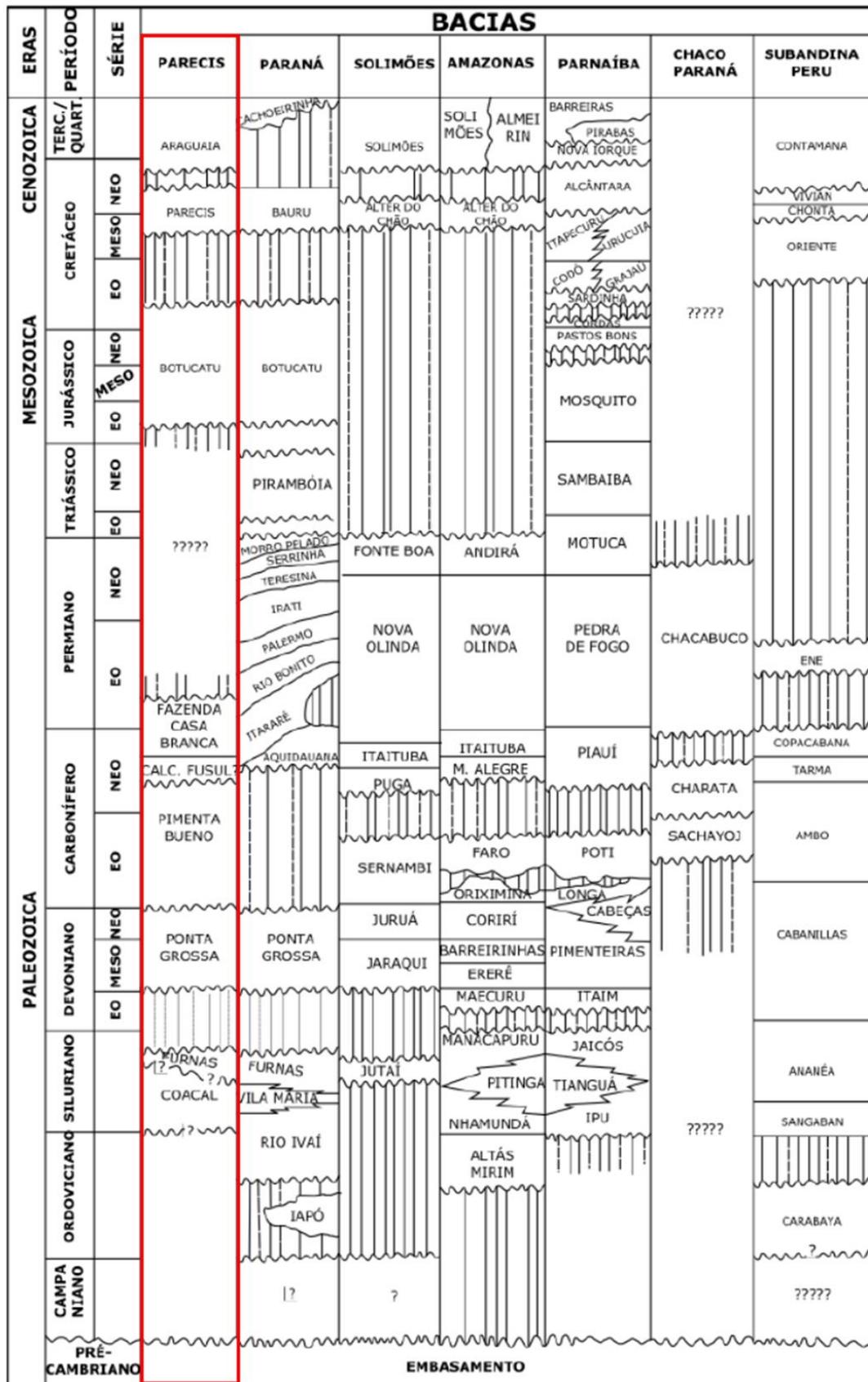
1.1 Evolução do conhecimento da Bacia dos Parecis

Até a década de 1970 a geologia da Bacia dos Parecis era pouco conhecida, sendo citadas apenas em trabalhos de reconhecimento regional, como o de Oliveira (1915) e Lobato et al. (1966). A partir dos anos de 1970, a CPRM (Serviço Geológico do Brasil - Companhia de Pesquisas de Recursos Minerais) em parceria com o DNPM (Departamento Nacional de Produção Mineral) executou estudos de mapeamento geológico nas escalas de 1:500.000 e 1:250.000, às vezes acompanhado de reconhecimento geoquímico, cobrindo totalmente a área da bacia, se destacando os projetos: Centro Oeste do Mato Grosso (PADILHA, 1974), Alto Guaporé (FIGUEIREDO et al., 1974), Serra Azul (RIBEIRO FILHO et al., 1975), Serra do Roncador (COSTA et al., 1975), Apiacás- Caiabis (LIMA et al., 1975), Manissauá-Missu (ARAÚJO et al., 1975) e Sudeste de Rondônia (PINTO FILHO et al., 1977). Os estudos para conhecimento da estratigrafia e estrutura da possível sequência Paleozoica foram obtidos por meio da execução dos projetos de Freitas et al., (1978) - Pesquisa de Calcário em Presidente Hermes - e de Soeiro et al., (1982) - Prospecção de Carvão Energético no Sudeste de Rondônia.

A partir da década de 1980, a região foi estudada para a prospecção de minérios e, a partir de 1987 a PETROBRAS deu início à pesquisa de exploração para hidrocarbonetos. Nos anos 90 foram realizadas as primeiras campanhas de aquisição sísmica 2D, bem como gravimetria terrestre e perfuração de poços estratigráficos atingindo profundidades de até 5.777 metros.

Siqueira (1989), a partir dos trabalhos citados, com o auxílio de poços rasos (profundidades inferiores a 1.000m) e de mapeamento de superfície e gravimetria, elaborou uma correlação da Bacia dos Parecis com as demais bacias paleozoicas intracratônicas brasileiras adjacentes (Amazonas, Solimões, Parnaíba e Paraná) e da América do Sul. O produto final desse estudo foi a produção da primeira carta estratigráfica da Bacia dos Parecis (Figura 2). Nesse estudo foi possível observar que a maior parte das rochas sedimentares existentes na Bacia são siliciclásticas. Também foram identificados os basaltos da formação Anari e datados do cretáceo por analogia com as áreas adjacentes (FILHO et al., 1977).

Figura 2 - Correlação entre bacias paleozoicas proposta por Siqueira (1989) com a Bacia dos Parecis em destaque vermelho.

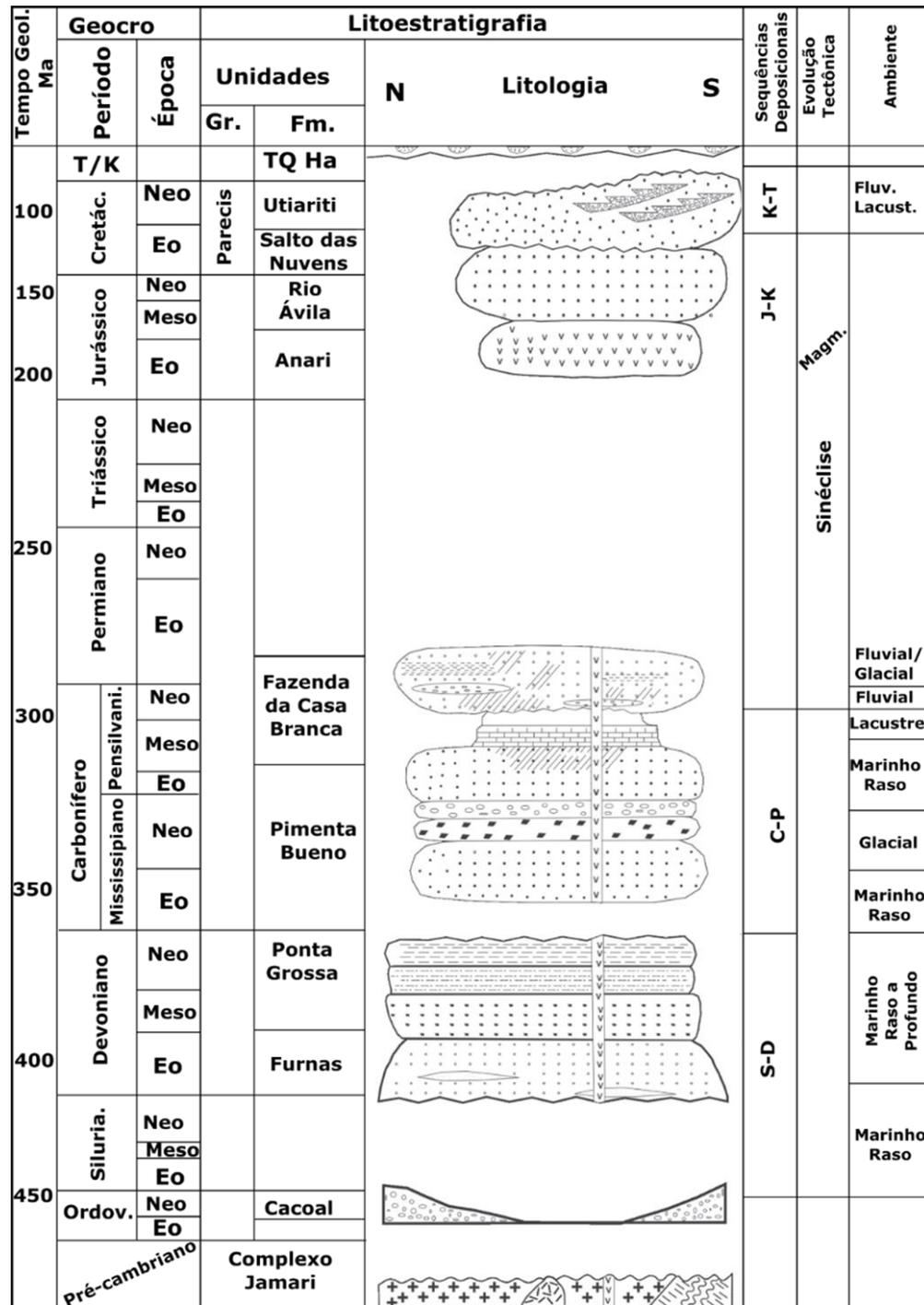


Fonte: SIQUEIRA, 1989. Modificada pela autora, 2017.

Na primeira década dos anos 2000, a CPRM produziu mapas geológicos estaduais de superfície, com escala 1:1.000.000 em todo Brasil, pelo “Programa Geologia do Brasil”. Este projeto contribuiu com mais informações acerca da Bacia dos Parecis, através dos mapas geológicos dos estados de Mato Grosso (FILHO et al., 2004) e Rondônia (QUADROS; RIZZOTTO, 2007).

Ainda nos anos 2000, dois estudos foram propostos: uma revisão estratigráfica (BAHIA et al., 2006) e a evolução tectonossedimentar (BAHIA et al., 2007) da Bacia dos Parecis. O primeiro representou a consolidação do entendimento que a maior parte da sedimentação era de idade paleozoica. A nomenclatura dada por Siqueira (1989) foi mantida por Bahia et al. (2006), cujo trabalho foi complementado pela perfuração de dois poços estratigráficos 2FI0001MT e 2SM0001MT, perfurados em 1993 e 1995, respectivamente (Figura 3). O segundo estudo produziu o mapa tectônico-estrutural de maior relevância à época.

Figura 3 - Carta elaborada por Bahia (2006).



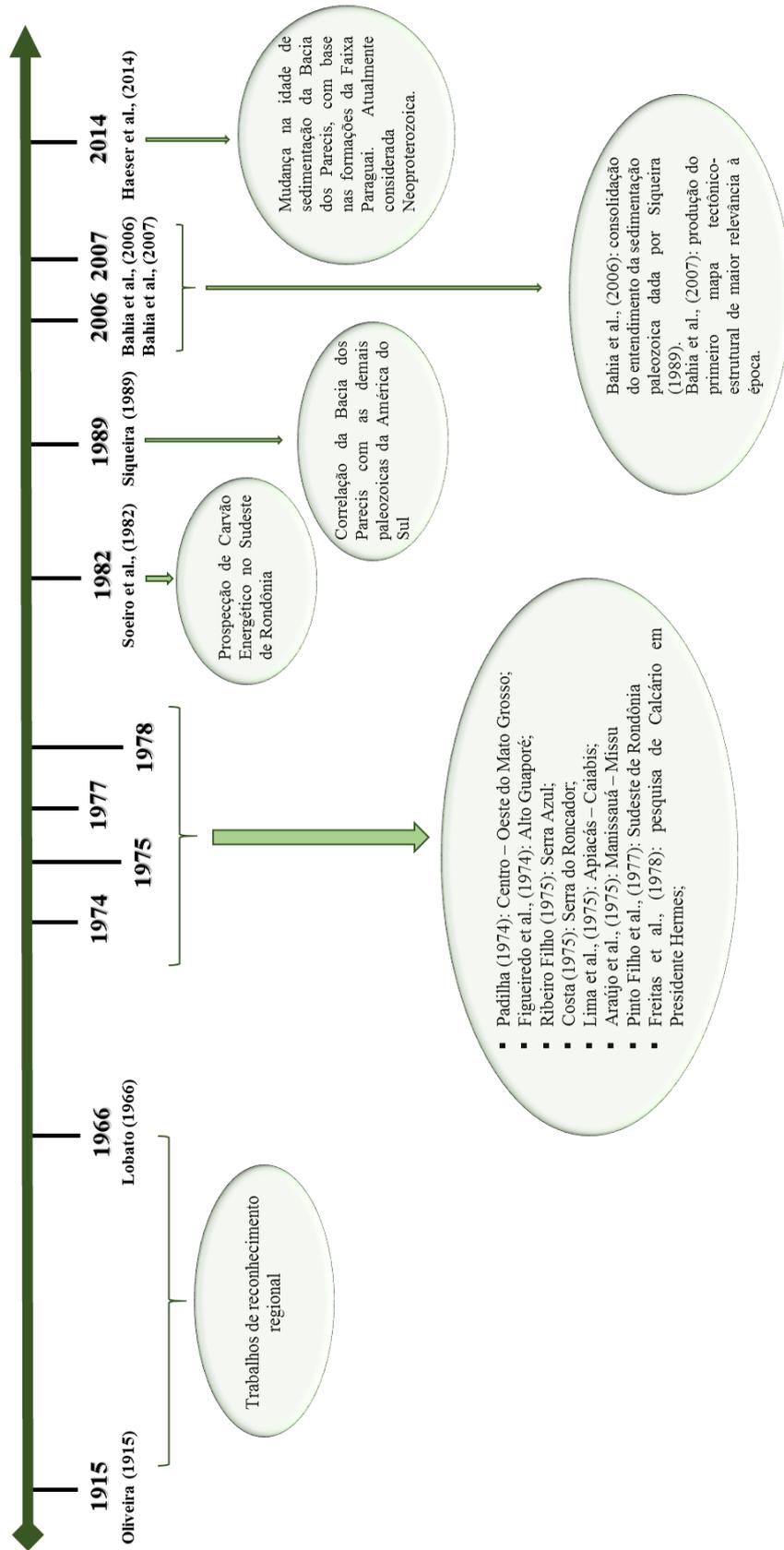
Fonte: Extraída de LOUREIRO, 2016.

Entretanto, Haeser et al. (2014) deram uma nova interpretação ao poço Salto Magessi, correlacionando-o com sedimentos da Faixa Paraguai, principalmente diamictitos presentes com idades próximas à 600 Ma (DANTAS et al., 2009). Os autores consideraram que a Bacia,

além da cobertura paleozoica, contém também sedimentos neoproterozoicos. Devido a este novo entendimento, uma nova carta estratigráfica foi elaborada com base nas formações da Faixa Paraguai. Esta carta foi publicada na última edição da conferência Rio Oil & Gas, em 2014, e foi utilizada no desenvolvimento do presente trabalho sendo detalhada no subitem 3.2.

A figura 4 mostra cronologicamente a evolução dos estudos na Bacia dos Parecis.

Figura 4 - Linha do tempo mostrando os principais estudos realizados na região da Bacia dos Parecis.



Fonte: A autora, 2017.

1.2 Dados utilizados

No desenvolvimento do presente trabalho foram utilizados dados de sísmica e de poços, os quais fazem parte do pacote de dados públicos obtidos através de solicitação formal à ANP (Agência Nacional de Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis) (Figura 5).

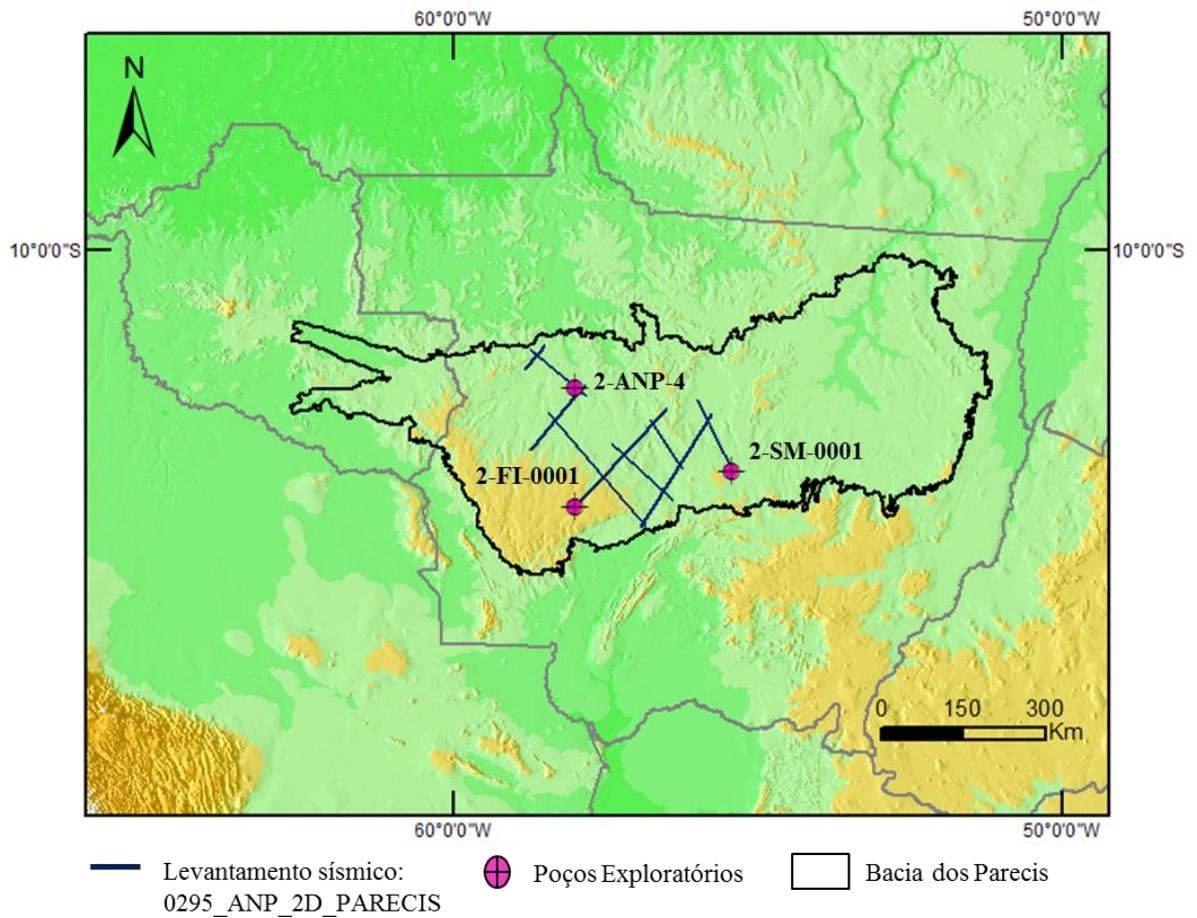
Os dados sísmicos foram adquiridos no Levantamento 0295_ANP_2D_PARECIS, realizado entre agosto de 2009 e julho de 2010. Os parâmetros de aquisição envolvem espaçamento entre os Pontos de Tiro (PTs) e estações de receptores a cada 25 metros. Para cada PT foram utilizados quatro furos com 3m de profundidade e carga de 0,5 kg em cada furo (2 kg de carga por PT). Foi aplicado arranjo de 12 elementos por receptor. Em alguns pontos houve *skip* (ausência de dado em locais como rios, lagos ou estradas) ao longo das linhas sísmicas.

O processamento foi realizado com a utilização da técnica *Pre-Stack Time Migration* (PSTM), no qual é realizado primeiramente a migração e depois o empilhamento. A velocidade de *replacement* foi de 2.500 m/s e o *Datum* de referência do projeto foi 500 m acima do Nível Médio dos Mares (NMM).

Quanto aos dados de poços, os perfis utilizados neste trabalho foram: raio gama (GR), sônico (DT) e densidade (RHOB); dos poços 2-SM-0001-MT, 2-FI-0001-MT e 2-ANP-4-MT.

Os três poços são classificados como estratigráficos, com finalidades de reconhecimento litológico. O 2-SM-0001-MT e o 2-FI-0001-MT foram perfurados nos anos 90, respectivamente pela Petrobrás e CPRM. Já o poço 2-ANP-4-MT foi perfurado em 2015 pela ANP, fazendo parte de uma série de investimentos que a Agência realizou para adquirir mais dados e aprofundar o conhecimento da Bacia dos Parecis.

Figura 5 - Mapa de poços e dados sísmicos utilizados.



Fonte: A autora, 2017.

2 CONTEXTO GEOLÓGICO

Neste capítulo serão abordadas as evoluções tectônica e estratigráfica mais recentes para a Bacia dos Parecis.

No tópico de tectônica, além da evolução do Cráton do Amazonas, será considerado o estudo de Loureiro (2016). Este adota o arcabouço estrutural neoproterozoico, enquanto estudos anteriores consideravam o início da sedimentação no paleozoico, e por isso contam apenas uma parte da história evolutiva. (SIQUEIRA, 1989; BAHIA et al., 2006; BAHIA et al., 2007). O tópico de evolução estratigráfica será abordado com base no trabalho de Haeser et al. (2014). O referido estudo também servirá de base para a interpretação dos dados que serão apresentados ao longo deste trabalho e para as alterações que serão propostas em uma nova carta.

2.1 Evolução Tectônica

O substrato da Bacia dos Parecis é constituído pelo Cráton do Amazonas, formado por diversos eventos de acreção, que tiveram início no Arqueano e se estenderam até o Mesoproterozoico.

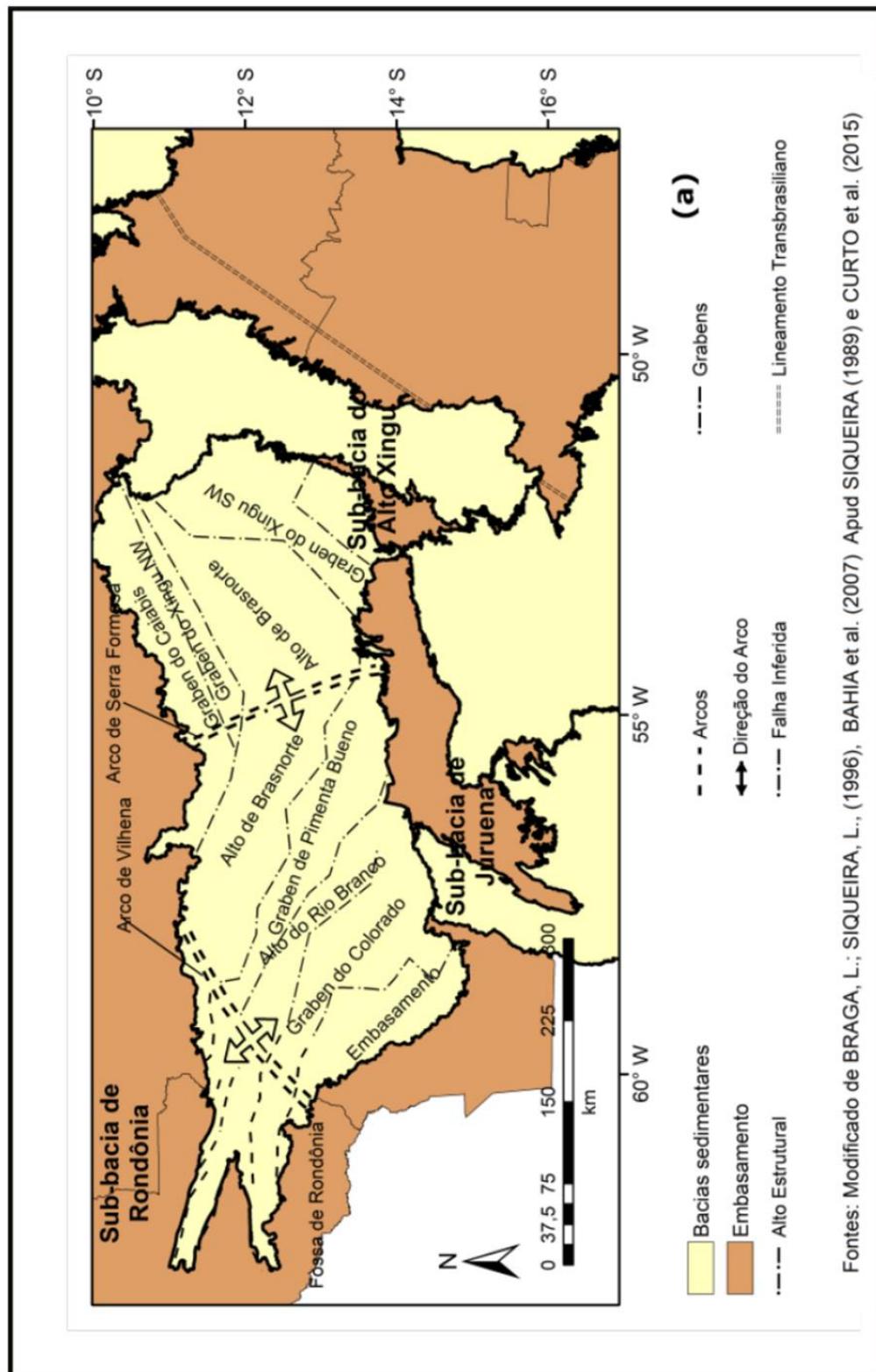
A história de aglutinação do Cráton do Amazonas começou durante a Orogenia Transamazônica (~2,0 Ga) (TEIXEIRA; TASSINARI, 2002), e foram geradas a partir do retrabalhamento de grandes blocos, com superfície de metamorfismo de alto e baixo grau. Conforme Cordani e Teixeira (2007), o Cráton do Amazonas é subdividido em dois núcleos formados no Arqueano e cinco províncias tectônicas proterozoicas, com coerentes padrões estruturais e geocronológicos.

Ao final do paleoproterozoico, houve a colisão entre os continentes Báltica e Laurentia, causando amalgamentos e orogenias (TASSINARI et al., 2004; CORDANI; TEIXEIRA, 2007). Segundo Teixeira (2007) essa aglutinação tectônica foi responsável pela criação do supercontinente Rodínia entre 1,2 Ga – 960 Ma (NEVES, 2003). A grande colisão com o continente Laurentia, resultou na Orogenia Grenviliana (CORDANI et al., 2009), que ocorreu em dois pulsos: o primeiro gerou a Faixa Rondônia-San Ignácio (~1,5 – 1,3 Ga) e o segundo pulso gerado pelo Sunsás (~ 1,3 – 1,0 Ga).

A Bacia dos Parecis entra no contexto de quebra e abertura do supercontinente Rodínia (~900 – 600 Ma), que ocorreu na porção sul do Cráton do Amazonas. A linearidade das rochas nas bordas do Cráton sugere que houve geração de uma bacia marginal do tipo rifte nessa área (GODOY, 2010).

Em relação ao arcabouço estrutural da Bacia, segundo Loureiro (2016), a primeira informação significativa foi a publicação do mapa da topografia do embasamento em 1996. Este mapeamento foi realizado por Braga e Siqueira (1996), utilizando dados gravimétricos e magnetométricos. Além disso, Siqueira (1989) compartimentou a Bacia em grandes altos e baixos estruturais. Os altos denominam-se Brasnorte e Rio Branco; e os baixos, Pimenta Bueno, Colorado, Caiabis e Xingu. No referido trabalho, a Bacia dos Parecis também foi subdividida em três sub-bacias: Rondônia, a oeste, Juruena na porção central e Alto Xingu (Figura 6).

Figura 6 - Mapa estrutural da Bacia dos Parecis, mostrando a localização dos altos estruturais e grábens.



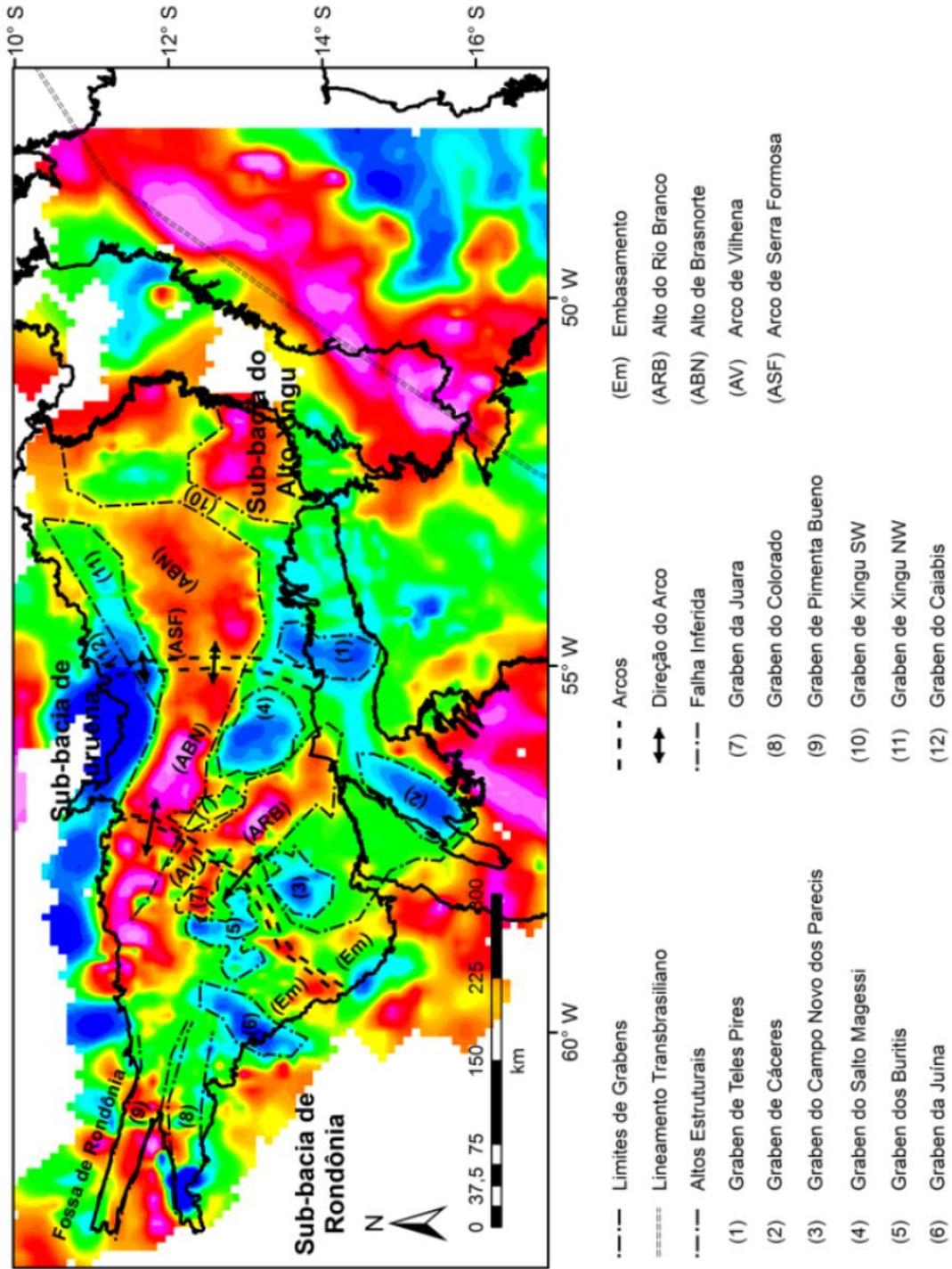
Fonte: LOUREIRO, 2016.

Trabalhos mais recentes (FLEXOR E SANTOS, 2012; CUNHA 2015) apresentaram as primeiras estimativas de profundidade da Bacia na região supostamente mais profunda do gráben Pimenta Bueno. Os autores utilizaram, respectivamente, métodos Magnetotelúrico (MT) e, magnetometria aérea e dados gradiométricos, chegando em profundidades de 8 e 10 km.

Em adição, Loureiro (2016) refinou esta estimativa, utilizando métodos gravimétricos, linhas sísmicas 2D e perfis de poços, chegando a uma profundidade de 12 km. Com isso, elaborou um novo mapa estrutural para a Bacia dos Parecis, levando em conta os métodos utilizados e os estudos prévios realizados na área (SIQUEIRA, 1989; BAHIA, 2007). Esse novo mapa foi sobreposto ao de Anomalia Bouguer e foram delimitados seis novos grábens, considerando que os baixos gravimétricos traduzem baixas densidades. Esses grábens foram nomeados da seguinte forma: Gráben da Juína, dos Buritis, da Juara, do Campo Novo dos Parecis, do Salto Magessi, de Teles Pires e de Cáceres, de oeste para leste. Os nomes dos Grabens de Pimenta Bueno e Colorado foram mantidos apenas para as duas porções aflorantes no estado de Rondônia.

O modelo tectônico proposto por Loureiro (2016) divide a Bacia em três eventos de grande expressão: fase rifte, fase de subsidência térmica e flexural e, fase compressiva com a geração de bacias *foreland*. Este modelo será considerado para a evolução da sedimentação neoproterozoica deste trabalho (Figura 7).

Figura 7 - Mapa estrutural proposto por Loureiro 2016, mostrando as novas estruturas delimitadas.



Fontes: Modificado de BRAGA, L.; SIQUEIRA, L., (1996), BAHIA et al. (2007) Apud SIQUEIRA (1989) e CURTO et al. (2015)

Fonte: LOUREIRO, 2016.

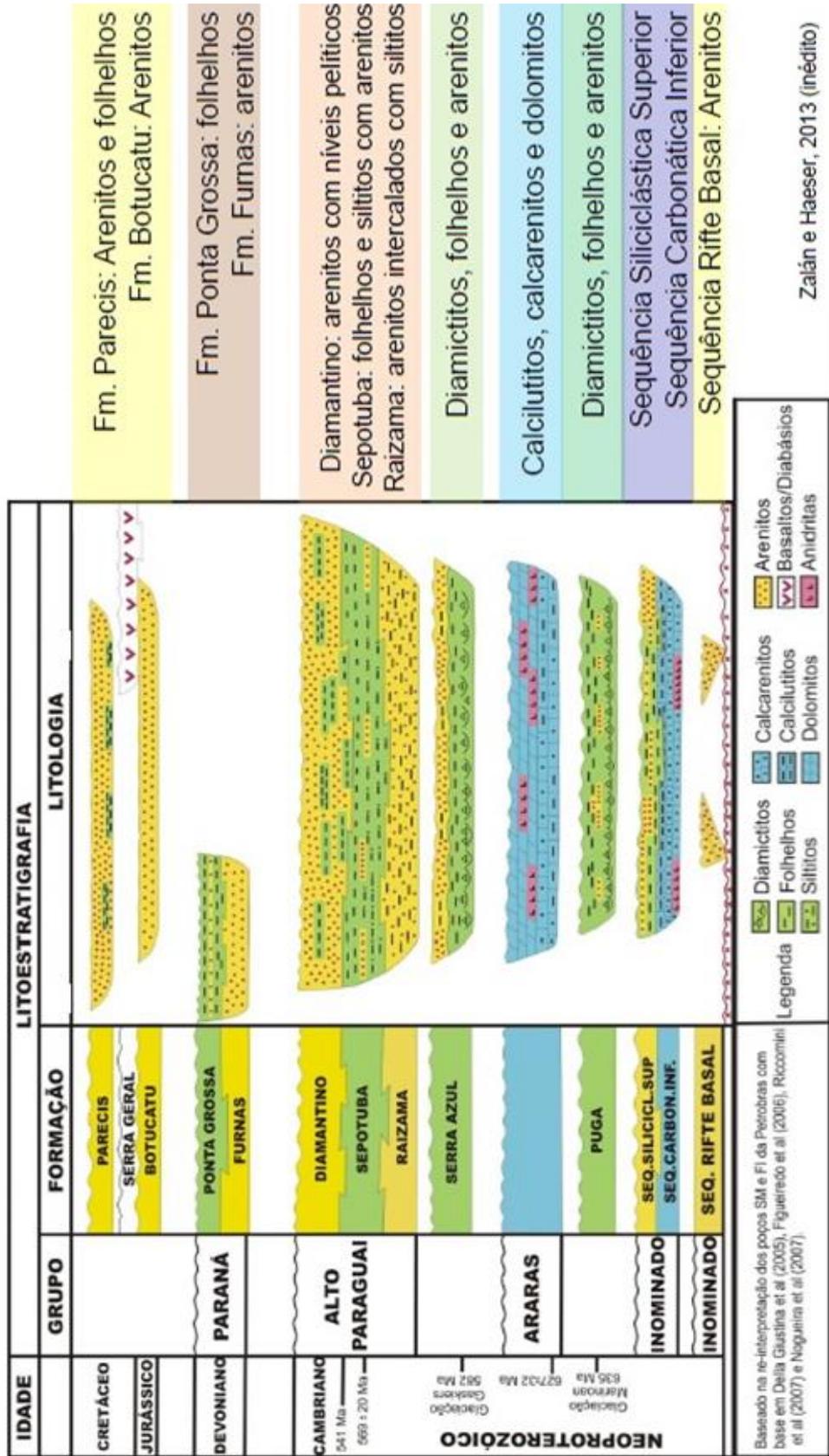
2.2 Estratigrafia

Entre os anos de 2008 e 2011, a ANP (Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis) adquiriu novos dados sísmicos para a Bacia. A partir disso, Haeser et al., (2014) observaram que uma grande espessura de rochas sedimentares e intrusivas, originalmente paleozoicas, estão encaixadas, na realidade, em grábens proterozoicos de Campo Novo e Salto Magessi. Adicionalmente, trabalhos de estratigrafia isotópica (DELLA GIUSTINA et al., 2005) correlacionam os dois principais intervalos de rochas carbonáticas descritas no poço 2-SM-0001-MT (Salto Magessi) à análise de afloramentos descritos na Faixa Paraguai (ALVARENGA, 2009).

Haeser et al. (2014), reinterpretaram o topo das formações amostradas no poço Salto Magessi e desenvolveram uma revisão estratigráfica aliada aos novos dados adquiridos pela ANP, resultando na elaboração, em caráter preliminar, de uma nova carta para a porção central da Bacia - Sub-Bacia de Juruena (Figura 8).

Esta carta foi utilizada como base para a construção do estudo desta dissertação, pois foi a partir dela que se entendeu que a sedimentação é mais antiga do que suposta anteriormente. A seguir serão descritos os grupos e formações da Bacia dos Parecis, com modificações.

Figura 8 - Carta estratigráfica proposta por Haeser et al, (2014).



Fonte: HAESER et al., 2014.

2.2.1 Embasamento

Como já foi mencionado neste estudo, o embasamento da Bacia é representado pela porção sul do Cráton do Amazonas. É composto por rochas intrusivas básicas e ultrabásicas do Complexo Jamarí, gnáissicas, migmatíticas e granitoides do Complexo Xingu de idades arqueanas e mesoproterozoicas, que afloram nas porções norte e sul (BAHIA et al., 2007).

2.2.2 Sequência do Rifte Basal

Alvarenga et al. (2009) e Haeser et al. (2014) identificaram esta sequência no poço Salto Magessi. Há uma familiaridade com os metassedimentos do Grupo Cuiabá (ALVARENGA, 2010) (Figura 9). Esta sequência relaciona-se às camadas mais basais da Faixa Paraguai Norte, em um contexto de rifteamento quando a crosta sofreu estiramento (ALVARENGA et al., 2010; ALMEIDA, 1965). No poço Salto Magessi é caracterizada por arenitos vermelhos e grãos bem selecionados, com granulometria fina a média.

2.2.3 Sequência Carbonática Inferior (SCI) e Sequência Siliciclástica Superior (SSS)

SCI constituída principalmente por calcilutitos e calcarenitos, com níveis de arenito, siltito, dolomito e anidrita. Já a SSS é composta por siltitos com níveis de areia e folhelho. Segundo Alvarenga (2010) também está inserida no contexto do Grupo Cuiabá, como uma sequência basal influenciada por eventos glaciais, junto com a formação Puga, que será explicada no próximo subitem. Autores sugerem a última glaciação Criogeniana (~635 Ma) para esta sequência, apesar da falta de dados geocronológicos que confirmem esta relação. (NOGUEIRA ET AL., 2003; ALVARENGA ET AL., 2004, 2008; ALLEN E HOFFMAN, 2005)

2.2.4 Formação Puga

Haeser et al. (2014) identificou esta formação no poço Salto Magessi com 90 metros de espessura e, composta principalmente por folhelhos de coloração cinza escuro e diamictitos glaciais. Estes últimos são representações do estágio final da última glaciação Criogeniana (~635 Ma) (NOGUEIRA et al., 2003; 2007; NOGUEIRA & RICCOMINI, 2006), durante o qual um grande volume de depósitos foi transportado para a bacia por fluxos de detritos e pela fusão dos icebergs. (ALVARENGA, 2016).

2.2.5 Grupo Araras

O nome Grupo Araras, antes definido como formação Pimenta Bueno (SIQUEIRA, 1989; BAHIA et al., 2006; 2007) foi dado por Almeida (1965). É composto principalmente por rochas carbonáticas de idade neoproterozoica e recobre os diamictitos glaciais da formação Puga. Carbonatos com essas características são encontrados em sucessões neoproterozoicas nas margens cratônicas e faixas móveis em várias partes do mundo. No Brasil, vários estudos vêm sendo realizados sobre os depósitos carbonáticos pós-glaciais da Faixa Paraguai e do sul do Cráton Amazônico considerados de idade ediacarana (635-541 Ma), que inclui a primeira capa carbonática descrita na América do Sul, inserida na hipótese de *Snowball Earth* (SILVA JR. et al., 2006; NOGUEIRA et al., 2003; ALLEN & HOFFMAN, 2005; HALVERSON et al., 2006). As capas carbonáticas ocorrem na base do Grupo Araras, e razões de $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ próximas a 0,7081, caracterizam capas carbonáticas depositadas após a última glaciação Criogeniana (BOGGIANI 1997, NOGUEIRA et al. 2003, ALVARENGA et al. 2004). Além disso, Babinski et al., (2006) conseguiram estabelecer uma idade mais precisa, através do método de datação Pb/Pb em amostras do topo e da base, obtendo uma idade de 627 ± 32 Ma. Este valor se ajusta ao período imediatamente após a última glaciação Criogeniana.

O Grupo Araras é dividido, da base para o topo, em quatro formações segundo Nogueira & Riccomini, 2006 (Figura 9):

- a) Formação Mirassol D'Oeste: Dolomito fino (*dolomudstone*) e dolomito com peloides de coloração rosada. Na base da unidade o dolomito fino e rosado sobrepõe-se diretamente à sequência glaciogênica da Formação Puga;

- b) Formação Guia: Pelitos vermelhos recobertos por calcários finos (*mudstones* calcíferos), gradando para grãos terrígenos de tamanho silte a areia fina. Também possui faixas milimétricas de calcário impregnados de betume;
- c) Formação Serra do Quilombo: Dolomitos e brechas cimentadas por dolomita;
- d) Formação Nobres: Dolomitos finos a arenosos, dolomito fino com estromatólitos e dolomito oolítico.

Figura 9 - Quadro litoestratigráfico do proterozoico da porção norte da Faixa Paraguai, proposto por Nogueira & Riccomini, (2006). Em destaque o Grupo Araras e suas subdivisões.

IDADE	LITOESTRATIGRAFIA		PALEOAMBIENTE	
Cambriano ↑ 542 Ma ↓	Grupo Alto Paraguai	Formação Diamantino	Conglomerados, arenitos e pelitos.	Fluvial entrelaçado, delta e mar restrito/prodelta
		Formação Sepotuba	Pelitos, folhelhos e arenitos.	Plataforma marinha dominada por tempestade
		Formação Raizama	Arenitos e pelitos, carbonatos substituídos por sílex subordinados.	Plataforma rasa dominada por tempestade e maré
E D I A C R A N O	Grupo Araras	Formação Nobres	Dolomitos arenosos, estromatólitos dômicos estratiformes e rugosos. Sílica secundária substituindo camadas de carbonato. Arenitos finos, ritmitos e pelitos subordinados. Moldes de cristais de evaporitos.	Planície de maré/ <i>sabkha</i>
		Formação Serra do Quilombo	Brechas dolomíticas cimentada por dolomita espática, brechas dolomíticas de arcabouço aberto e dolomitos arenosos.	Plataforma moderadamente profunda dominada por tempestades e eventualmente por sismos
		Formação Guia	Calcários finos e folhelhos betuminosos. Subordinadamente calcários cristalinos ricos em crostas e cimento. Grãos terrígenos esporádicos.	Plataforma profunda anóxica
		Formação Mirassol d'Oeste	Dolomitos finos rosados, laminados, peloidais e estromatólitos estratiformes.	Plataforma e supersaturada em CaCO ₃
		Capa carbonática		
Criogeniano		Formação Puga	Diamictitos e siltitos seixosos.	Glacial marinho

Dolomito betuminoso	Arenito dolomítico e brecha com matriz	Sílex secundário	Pelito	Discordância erosiva Descontinuidade regional
Dolomito	Brecha cimentada com cimento dolomítico	Carbonato silicificado	Arenito	
Diamictito	Calcário/folhelho betuminoso	Dolomito/arenito	Estromatólito	

Fonte: NOGUEIRA E RICCOMINI, 2006. Adaptada pela autora, 2017.

2.2.6 Grupo Alto Paraguai:

As rochas deste grupo eram anteriormente definidas como pertencentes à Formação Fazenda da Casa Branca (SIQUEIRA, 1989; BAHIA et al., 2006; 2007). Haeser et al. (2014) reinterpretaram como relacionadas ao Grupo Alto Paraguai, compostos predominantemente por rochas siliciclásticas (SILVA JR. et al., 2006). É subdividido em quatro formações:

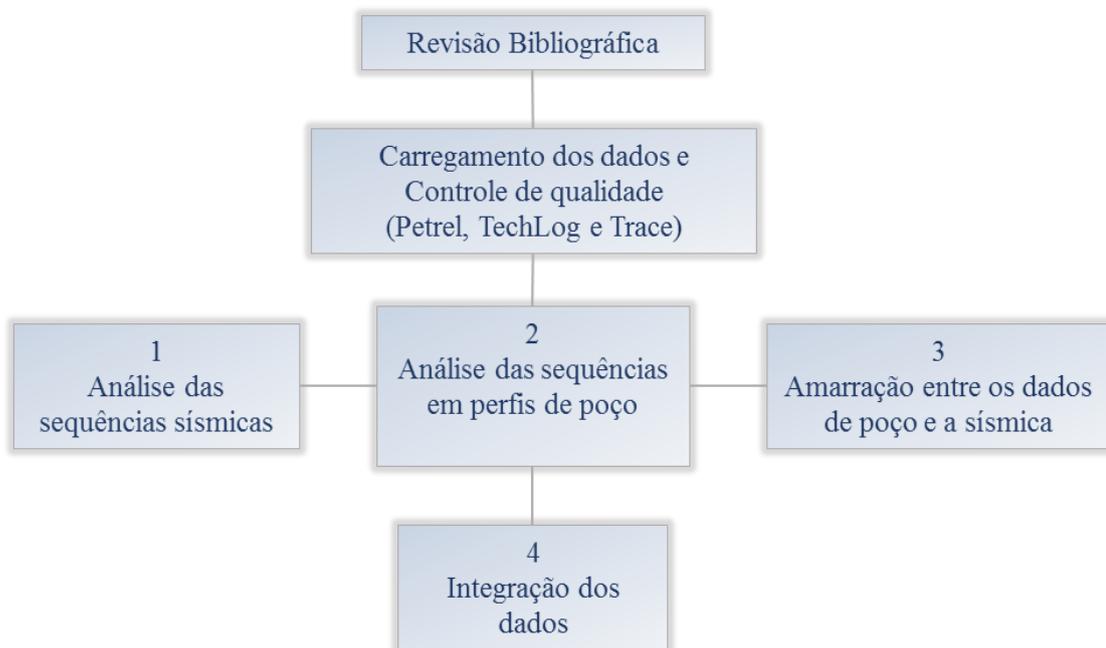
- a) Formação Serra Azul: Nomenclatura dada por Figueiredo et al., (2005); Alvarenga et al., (2007) e incorporada ao Grupo Alto Paraguai por Figueiredo et al., (2008). Entretanto, estudos não reconhecem a Serra Azul como uma formação, mas sim como um membro basal da Formação Raizama que sobrepõe os carbonatos do Grupo Araras. (NOGUEIRA et al., 2007);
- b) Formação Raizama: Estudos indicam esta formação como a base do Grupo Alto Paraguai, com idade ediacarana-cambriana (635 – 541 Ma), distribuídas ao longo da margem sul do Cráton Amazônico e segmento norte da Faixa Paraguai. (ALMEIDA, 1964; SILVA JR, 2006; NOGUEIRA et al., 2003, 2006, 2007). Basicamente composta por arenitos com siltitos, e folhelhos, compondo depósitos siliciclásticos;
- c) Formação Sepotuba: Constituída principalmente por arenitos, ritmitos de pelitos e arenito muito fino; e siltitos. Segundo Bandeira et al., (2006), esta formação registra uma transgressão sobre os depósitos litorâneos da formação Raizama;
- d) Formação Diamantino: Encerra o Grupo Alto Paraguai; constituída por ritmitos vermelhos, arenitos finos e conglomerados (NOGUEIRA et al., 2006; ALVARENGA et al., 2016).

3 METODOLOGIA

Segundo Mitchum et al., (1977a) sismoestratigrafia é o estudo da estratigrafia e das fácies deposicionais a partir da análise de dados sísmicos. Um dos princípios básicos da sismoestratigrafia é considerar que os refletores sísmicos são resultados de contrastes geológicos de caráter temporal, isto é, com representação cronoestratigráfica. (PAYTON, 1977).

A metodologia da interpretação sismoestratigráfica obedece, resumidamente, às etapas de: análise da sequência sísmica, análise das sequências em perfis de poço, posterior amarração entre os dados sísmicos e de poço, finalizando com a integração desses dados para a construção do modelo deposicional. Estes procedimentos estão devidamente relacionados no fluxograma da figura 10.

Figura 10 - Fluxograma da metodologia de interpretação sismoestratigráfica.



Fonte: A autora, 2017.

3.1 Análise das sequências sísmicas

O propósito desta etapa foi definir os pacotes genéricos de refletores, referidos aqui como sequências sísmicas. Isto é obtido pela análise de fácies sísmicas que permite o reconhecimento dos padrões de reflexões e suas inter-relações dentro das unidades sísmicas, e a interpretação de seu significado geológico (MITCHUM et al, 1977).

Na interpretação das fácies sísmicas são descritos os atributos dos padrões de reflexão observados numa unidade sísmica, tais como: configuração, continuidade, amplitude, frequência, velocidade intervalar e geometria. A partir destes parâmetros é possível interpretar o significado geológico das fácies sísmicas, como visto na tabela a seguir.

Tabela - Parâmetros de reflexão sísmica utilizados em sismoestratigrafia e seus significados geológicos.

PARÂMETRO	SIGNIFICADO GEOLÓGICO
Configuração das reflexões	<ul style="list-style-type: none"> • Padrão de estratificação • Processo deposicional • Erosão e paleotopografia
Continuidade dos refletores	<ul style="list-style-type: none"> • Variação dos estratos • Processos deposicionais
Amplitude Sísmica	<ul style="list-style-type: none"> • Contraste de impedância (superfícies estratais significantes) • Conteúdo fluido
Frequência dos refletores	<ul style="list-style-type: none"> • Espessura da Camada • Conteúdo de fluido
Velocidade Intervalar	<ul style="list-style-type: none"> • Variação litológica
Geometria externa	<ul style="list-style-type: none"> • Ambiente deposicional • Fonte de sedimento • Configuração geológica

Fonte: MITCHUM et al., 1977. Modificada pela autora, 2017.

3.2 Análise das sequências em perfis de poço

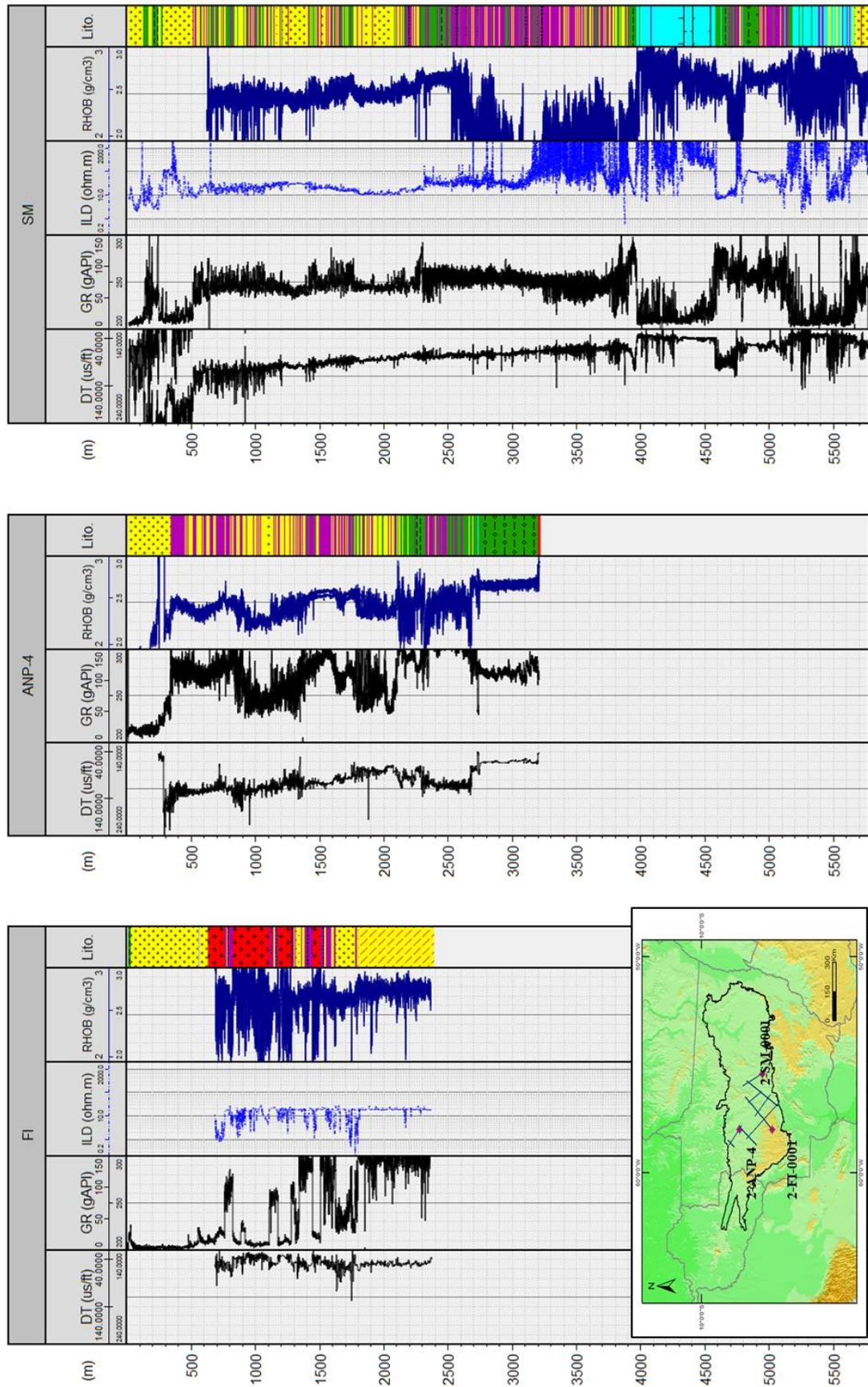
Nesta etapa foram realizados os procedimentos básicos para a seleção dos perfis: carregamento, tratamento do dado e seleção das curvas a serem utilizadas.

Para este trabalho foram carregados 3 poços: 2-FI-0001MT, 2-SM-0001MT e 2-ANP-4-MT. O poço 2-FI-0001MT foi descartado desta análise por não ser possível correlacioná-lo aos outros dois, sugerindo possivelmente um contexto geológico e tectônico diferente. Este tem uma profundidade de 2.386m e aos 670m foi encontrado um gabro datado pelo método K-Ar E Ar-Ar com 1.163 Ga (DARDENNE et al., 2006). Abaixo desse gabro existem três soleiras e a perfuração foi finalizada após atravessar 586m de filito.

As curvas selecionadas para esta análise foram: raio gama (GR), densidade (RHOB), acústico compressional (DT) e resistividade profunda (ILD) (Figura 11). Para a correlação dos poços, o perfil de raio gama (GR) é o mais indicado pois responde melhor às variações litológicas (Figura 12). A partir desta curva junto com o perfil composto foi possível delimitar o topo das formações.

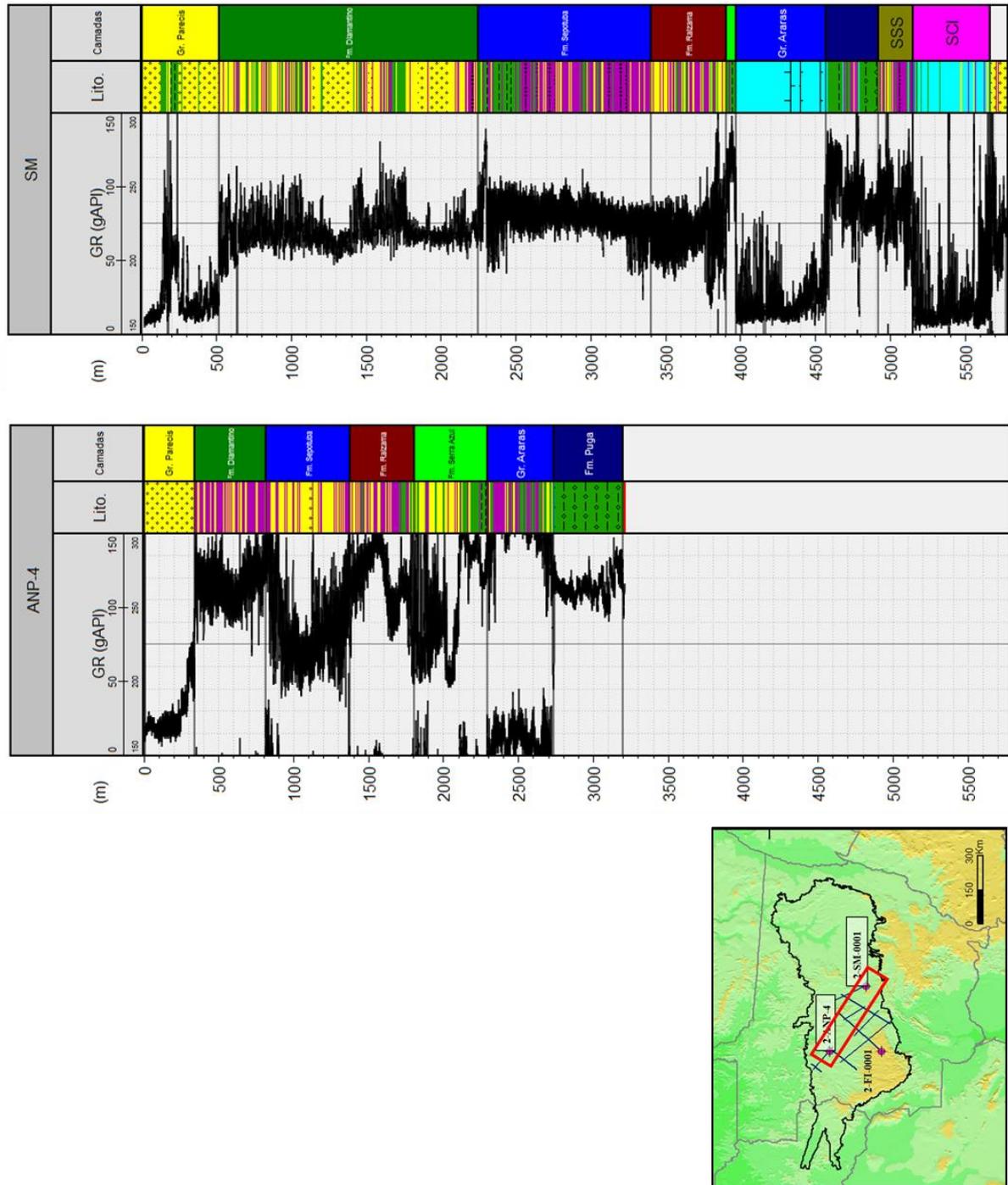
O objetivo desta análise foi definir o topo das principais sequências sedimentares, assim como foi feito na sísmica. Este procedimento foi realizado com base no comportamento do perfil GR e auxilia na correlação cronoestratigráfica com outros poços.

Figura 11 - Carregamento dos perfis nos poços 2-FI-0001MT, 2-ANP-4-MT e 2-SM-0001MT.



Fonte: A autora, 2017.

Figura 12 - Sequência estratigráfica dos poços 2-ANP-4-MT e 2-SM-0001MT.



Fonte: A autora, 2017.

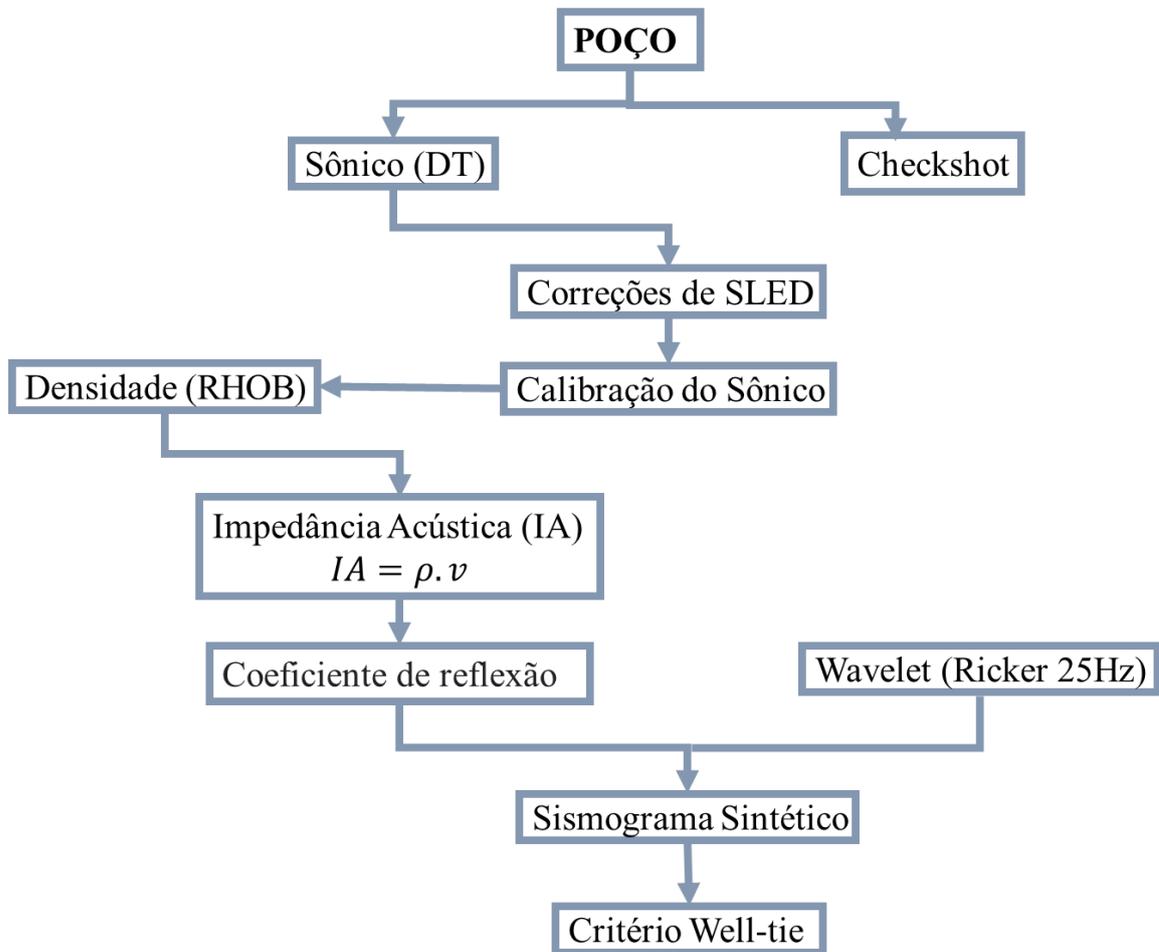
3.3 Amarração entre os dados de poço e a sísmica

Representa a etapa fundamental para correlação entre os perfis de poço e os refletores sísmicos. Consiste no fato de que as análises feitas isoladamente podem ser interligadas, melhorando a qualidade da interpretação.

Resumidamente, neste ponto houve um ajuste de informações dos dados de poço, que estão em profundidade (metros) com a sísmica, em tempo (milissegundos). Para tal, foi necessário gerar um sismograma sintético. O mesmo fluxo foi realizado tanto para o poço 2-SM-0001-MT quanto para o 2-ANP-4.

O cálculo do sismograma sintético envolve diversos procedimentos, mostrados no fluxograma da figura 14. No entanto, é a partir da impedância acústica (IA) dos poços, de modo reproduzir um traço sísmico em profundidade no entorno do poço, que o procedimento para geração do sintético ganha forma. A impedância acústica é obtida pelo produto da densidade pela velocidade ($IA = \rho \cdot v$), onde v é a velocidade da onda P, calculada pelo inverso do perfil sônico (DT), ou seja $1/DT$ e a densidade é dada pelo perfil RHOB.

Figura 13 - Fluxograma esquemático para geração do sismograma sintético.



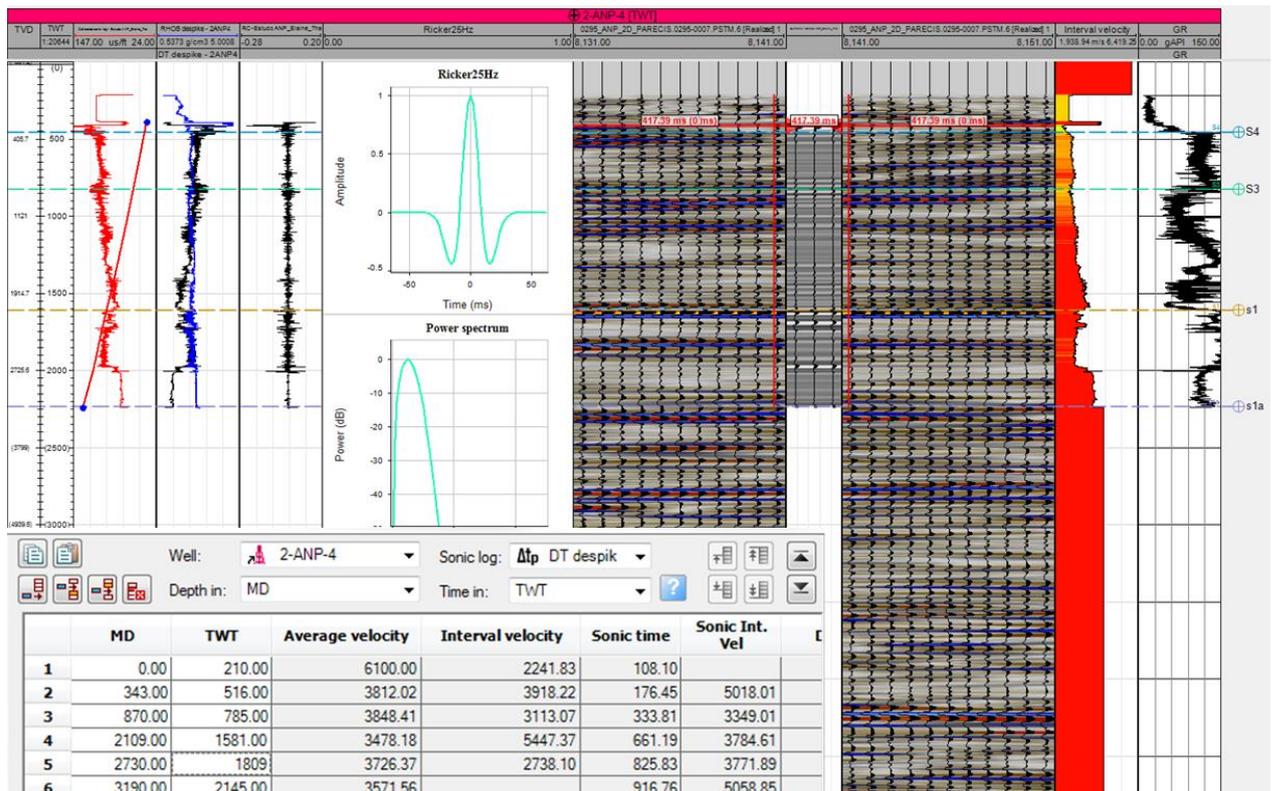
Fonte: A autora, 2017.

Em seguida, calculou-se o coeficiente de reflexão (CR), que representa o contraste de impedância acústica entre duas camadas distintas. Após isso, foram extraídas *wavelets* dos dados sísmicos nas proximidades de cada poço num raio de 500m. Sendo assim, a *wavelet* extraída é convolvida com o coeficiente de reflexão, finalmente resultando no sismograma sintético. (Figura 14)

O sismograma basicamente é a conexão entre a informação geológica (perfis de poços em profundidade) e a informação geofísica (linha sísmica em tempo). Depois de gerado, ele foi comparado ao traço sísmico da sísmica 2D, em tempo, e uma tabela de relação entre tempo e profundidade foi estabelecida.

A figura 14 mostra esta metodologia aplicada para o poço 2-ANP-4. O mesmo procedimento foi realizado para o poço 2-SM-0001MT.

Figura 14 - Geração do sismograma sintético com a TDR (time-depth relationship) no poço ANP-4-MT.



Fonte: A autora, 2017.

3.4 Integração dos dados

A integração dos dados previamente analisados permitiu refinar a interpretação das sequências na sísmica e no poço, conectando as informações obtidas em cada método. Desta forma, foi possível construir um modelo deposicional, que será detalhado nos capítulos 5 e 6.