



Universidade do Estado do Rio de Janeiro
Centro de Tecnologia e Ciências
Faculdade de Geologia

Elaine Maria Lopes Loureiro


**Caracterização geológico-tectônica da Bacia dos Parecis: uma
interpretação integrada**

Rio de Janeiro

2016

Elaine Maria Lopes Loureiro

Caracterização geológico-tectônica da Bacia dos Parecis: uma interpretação integrada



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

Orientador: Prof. Dr. Paulo de Tarso L. Menezes

Coorientador: Prof. Dr. Pedro Victor Zalán

Rio de Janeiro

2016

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

L892 Loureiro, Elaine Maria Lopes.
Caracterização geológico-tectônica da Bacia de Parecis:
uma interpretação integrada / Elaine Maria Lopes Loureiro. –
2016.
97 f. : il.

Orientador: Paulo de Tarso L. Menezes.
Coorientador: Pedro Victor Zalán.
Dissertação (Mestrado) - Universidade do Estado do Rio de
Janeiro, Faculdade de Geologia.
Bibliografia.

1. Geologia estrutural – Parecis, Bacia do (MT) – Teses. 2.
Geofísica – Parecis, Bacia do (MT) – Teses. 3. Sismologia –
Parecis, Bacia do (MT) – Teses. 4. Gravidade (Física) –
Medição – Teses. 5. Bacias Sedimentares – Teses. I. Menezes,
Paulo de Tarso L.. II. Zalán, Pedro Victor. III. Universidade do
Estado do Rio de Janeiro. Faculdade de Geologia. IV. Título.

CDU 551.243:550.83(817.2)

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

Assinatura

Data

Elaine Maria Lopes Loureiro

Caracterização geológico-tectônica da Bacia dos Parecis: uma interpretação integrada

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

Aprovada em 5 de Outubro de 2016.

Banca Examinadora:

Prof. Dr. Paulo de Tarso L. Menezes (Orientador)
Faculdade de Geologia/UERJ

Prof. Dr. Pedro Victor Zalán (Coorientador)
ZAG Consultoria em Exploração de Petróleo Ltda.

Profa. Dra. Monica da Costa Pereira Lavallo Heilbron
Faculdade de Geologia/UERJ

Dr. Luiz Fernando Santana Braga
INVISION Geofísica Ltda.

Rio de Janeiro

2016

DEDICATÓRIA

Ao meu marido, Thales, por sua compreensão e parceria, e à minha filha, Carolina, por me fazer tentar sempre ser uma pessoa melhor.

AGRADECIMENTOS

A todos que colaboraram diretamente ou indiretamente na elaboração deste trabalho.

Agradecimentos à ANP pela disponibilização dos dados e ao comitê do BNDG pela distribuição de dados gravimétricos regionais. Agradeço sinceramente aos colegas da área, José Ribamar Lopes Bezerra e ao superintendente Paulo Alexandre Souza da Silva, por tornar este projeto possível e ter compreendido sua importância. Agradeço também ao Diretor José Gutman por ter viabilizado este estudo. Agradeço a minha redatora e irmã, Eliana Loureiro, pelo excelente trabalho e pelas preciosas dicas. Sou agradecida aos colegas de trabalho por me ajudarem com a geologia: Raphael Victor Aleixo Vasconcelos Aleixo, Raphael Ranna Theodorio da Silva, Bolivar da Silva Haeser, Carolina Santiago de Assis e Taina Martins Rodrigues Maciel. Sou grata também aos colegas de curso da UERJ, em especial a Thamila Bastos de Menezes, que compartilha o interesse científico pela mesma Bacia, e à Professora Mônica Heilbron pela revisão e valiosas contribuições.

E, por fim, aos meus orientadores, Paulo de Tarso Menezes e Pedro Victor Zalán, pela dedicação e disponibilidade.

Reparta seu conhecimento. É uma forma de alcançar a imortalidade.

Dalai Lama

RESUMO

LOUREIRO, Elaine Maria Lopes. **Caracterização geológico-tectônica da Bacia dos Parecis**: uma interpretação integrada. 2016. 100 f. Dissertação (Mestrado em Geologia) – Faculdade de Geologia, Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2016.

A Bacia dos Parecis é uma das maiores bacias intracratônicas brasileiras e tem como substrato o Cráton do Amazonas. Até a década de 2000, poucos estudos foram realizados até o momento em virtude da relativa escassez de dados geológicos e geofísicos. Todos esses estudos descreviam a sedimentação na bacia como predominantemente paleozóica. A aquisição de novos dados, fomentados por agências governamentais, abriram caminho para a realização de novos estudos visando a reinterpretação das áreas adjacentes. Tais análises consideram que a Bacia do Parecis contém sedimentos neoproterozoicos e que é mais profunda do que se estimava anteriormente. Na presente dissertação apresentamos uma interpretação integrada de dados sísmicos, de poço e gravimetria. Nesta interpretação elaborou-se um mapa estrutural do embasamento, que alcança profundidades superiores a 10 km. Por conseguinte, apresentamos um novo arcabouço estrutural para a Bacia do Parecis. Neste arcabouço, a estruturação da Bacia é compartimentada em altos estruturais, grabens e semigrabens. Destaca-se em especial um *trend* preferencial W-E. As falhas são, em grande parte, normais, mas algumas de empurrão ou, já não tão evidentes, as transcorrentes (com estruturas em flor positivas). Na interpretação aqui apresentada, considera-se ainda que a sedimentação na bacia ocorreu associada a diversos processos orogênicos a saber: as Orogenias Grenville (Mesoproterozoico, 1,7 a 1,5 Ga), Brasiliana (Neoproterozoico, 550 a 500 Ma) e Andinas (Paleozoico). Além desse resultado, foi possível observar no processo de modelagem gravimétrica que existem heterogeneidades no embasamento cristalino. Corpos com altas densidades foram interpretados como ofiolitos originados do processo de obdução entre os antigos blocos das Províncias Vilhena-Tapajós e Rio Negro-Solimões, que aconteceram nos períodos Orosiano e Calimiano (1.8 a 1.6 Ga).

Palavras-chave: Tectônica. Bacia dos Parecis. Sísmica. Gravimetria.

ABSTRACT

LOUREIRO, Elaine Maria Lopes. **Tectonic framework of Parecis Basin**: a seismic-gravity integrated interpretation. 2016. 100 f. Dissertação (Mestrado em Geologia) – Faculdade de Geologia, Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2016.

The Parecis Basin, located in the central-western portion of Brazil, it is one of the biggest Brazilian intracratonic basins. Despite its size, it is one of the least studied, due to the relative scarcity of geological and geophysical data. In this dissertation, we present an integrated analysis of seismic, well and gravimetric data. In our interpretation, we built a new structural map of the basement reaching depths greater than 10 km. Consequently, we present a new structural framework for the Parecis Basin. In the proposed framework, the structuring of the Basin is compartmentalized into structural highs, grabens, and semi-grabens. Faults are mainly normal, but overthrust and transcurrent (with positive flower structures in the seismic lines) faults were also observed. We also consider that the sedimentation in the basin occurred associated with several orogenic processes: Grenville Orogenies (Mesoproterozoic, 1.7 to 1.5 Ga), Brasiliano (Neoproterozoic, 550 to 500 Ma) and Andinas (Paleozoic). The gravimetric modeling has shown heterogeneities within the crystalline basement. High densities bodies were interpreted herein as ophiolites originated from the obduction process between the old blocks of the Vilhena-Tapajós and Rio Negro-Solimões Provinces, which occurred in the Orosian and Calimian periods (1.8 to 1.6 Ga).

Keywords: Tectonics. Parecis Basin. Seismic. Gravimetry.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura	1 - Localização da Bacia dos Parecis.	15
Figura	2 - Correlação estratigráfica entre a Bacia dos Parecis e as demais bacias paleozoicas da América do Sul.	16
Figura	3 - Carta estratigráfica estabelecida da Bacia.	17
Figura	4 - Arcabouço estrutural.	20
Figura	5 - Mapa da geologia de superfície de acordo com o mapeamento de superfície de 1:1.000.000.	22
Figura	6 - Províncias do Cráton Amazônico adjacentes à Bacia dos Parecis.	25
Figura	7 - Blocos diagramas sugeridos para o período Proterozoico.	28
Figura	8 - Aglutinação do Supercontinente Gondwana e as localizações dos Crátons. O polígono em vermelho representa a localização da área de interesse deste estudo.	30
Figura	9 - Seção esquemática da região norte da Faixa Paraguai.	31
Figura	10 - Perfis A, B e C descritos na seção esquemática da Faixa Paraguai referentes às barras da Figura 9	33
Figura	11 - Diagrama estratigráfico da Bacia dos Parecis.	37
Figura	12 - Mapa da localização dos dados utilizados no projeto.	40
Figura	13 - Fluxograma de trabalho.	42
Figura	14 - Profundidades de topo e base das formações interpretadas no poço Salto Magessi (2SM0001MT).	42
Figura	15 - Profundidades de topo e base das formações interpretadas no poço Fazenda Itamarati (2FI0001MT).	42
Figura	16 - Amarração do poço Salto Magessi (2SM0001MT) e a linha sísmica 0295-0010. A curva de raio gama (verde) foi sobreposta à sísmica.	45
Figura	17 - Poço Salto Magessi (2SM0001MT) sobreposto à linha sísmica 0295-0010.	46
Figura	18 - Amarração do poço Fazenda Itamarati (2FI0001MT) e a linha sísmica 0295-0002.	47
Figura	19 - Poço Fazenda Itamarati (2FI0001MT) sobreposto à linha sísmica 0295-0002.	48
Figura	20 - Linha 0295-0002 em tempo.	51
Figura	21 - Modelo de velocidade em <i>Layer Cake</i> na linha 0295-0002, com os <i>grids</i> dos horizontes em tempo: tempo zero (TWT=0) correspondente à Superfície de Referência do Projeto (SRP), a base do Mesozoico e topo da Formação Diamantino e, por fim, o topo Rifte Basal.	52
Figura	22 - Linha 0295-0002 convertida para profundidade.	53
Figura	23 - Mapa gravimétricos da Anomalia Bouguer Simples.	55

Figura 24 - Mapas de anomalias Bouguer Regionais: foram calculadas pela técnica de continuação para cima de alturas entre 20 a 180 km.	56
Figura 25 - Mapa gravimétrico da Anomalia Bouguer Residual.	57
Figura 26 - Mapa gravimétrico da primeira derivada (dz)	58
Figura 27 - Linha 0295-0001 reinterpretada a partir da modelagem gravimétrica com integração da sísmica.	62
Figura 28 - Linha 0295-0002 reinterpretada a partir da modelagem gravimétrica com integração da sísmica.	63
Figura 29 - Linha 0295-0005 reinterpretada a partir da modelagem gravimétrica com integração da sísmica.	64
Figura 30 - Linha 0295-0006 reinterpretada a partir da modelagem gravimétrica com integração da sísmica.	65
Figura 31 - Linha 0295-0010 reinterpretada a partir da modelagem gravimétrica com integração da sísmica.	66
Figura 32 - Linha 0295-0001 modelada.	67
Figura 33 - Linha 0295-0002 modelada.	68
Figura 34 - Linha 0295-0005 modelada.	69
Figura 35 - Linha 0295-0006 modelada.	70
Figura 36 - Linha 0295-0010 modelada.	71
Figura 37 - Mapa de topo do embasamento econômico mapeado por meio da integração de dados sísmicos e gravimétricos.	73
Figura 38 - Mapa de topo do embasamento econômico mapeado por meio da integração de dados sísmicos e gravimétricos sobreposto ao mapa da anomalia Bouguer residual.	74
Figura 39 - Mapa de topo do embasamento cristalino mapeado por meio da integração de dados sísmicos e gravimétricos.	75
Figura 40 - Mapa de topo do embasamento cristalino mapeado por meio da integração de dados sísmicos e gravimétricos sobreposto ao mapa da anomalia Bouguer residual.	76
Figura 41 - Mapa estrutural interpretado a partir de dados sísmicos e gravimétricos. . .	77
Figura 42 - Resultado do mapeamento dos corpos mais densos, ressaltados pelas setas brancas, com a integração dos dados gravimétricos, sísmicos e de poço. . .	78
Figura 43 - Comparação entre os mapas estruturais: (a) Mapa proposto anteriormente e (b) Mapa sugerido neste trabalho.	81
Figura 44 - Evolução tectônica proposta por este trabalho acerca do processo de formação da Bacia dos Parecis.	82
Figura 45 - Ilustração esquemática do processo de obdução que ocorre na Orogenia do dos Himalaias.	84

Figura 46 - Linha 0295-0003 reinterpretada a partir da modelagem gravimétrica com integração da sísmica.	91
Figura 47 - Linha 0295-0004 reinterpretada a partir da modelagem gravimétrica com integração da sísmica.	92
Figura 48 - Linha 0295-0007 reinterpretada a partir da modelagem gravimétrica com integração da sísmica.	93
Figura 49 - Linha 0295-0008 reinterpretada a partir da modelagem gravimétrica com integração da sísmica.	94
Figura 50 - Linha 0295-0009 reinterpretada a partir da modelagem gravimétrica com integração da sísmica.	95
Figura 51 - Linha 0295-0003 modelada.	96
Figura 52 - Linha 0295-0004 modelada.	97
Figura 53 - Linha 0295-0007 modelada.	98
Figura 54 - Linha 0295-0008 modelada.	99
Figura 55 - Linha 0295-0009 modelada.	100

LISTA DE SÍMBOLOS

<i>GR</i>	Mnemônico de curvas relativos ao Raio Gama ($^{\circ}$ API)
<i>ILD</i>	Mnemônico de curvas relativos à resistividade (m)
<i>RHOB</i>	Mnemônico de curvas relativos à densidade (g/cm^3)
<i>DT</i>	Mnemônico de curvas relativos à vagarosidade (s/ft)
<i>NHIP</i>	Mnemônico de curvas relativos à quantidade de neutrons bombardeados e capturas pela formação (porosidade de neutrão)
ρ	Densidade (g/cm^3)
ν	Velocidade (m/s)
<i>IA</i>	Impedância Acústica ($Pa \cdot s/m^3$)
<i>CR</i>	Coefficiente de Reflexão (adimensional)
<i>S(p)</i>	Sintético gerado em função da profundidade
<i>CR(p)</i>	Coefficiente de Reflexão em função da profundidade
<i>W(f)</i>	Wavelet em função da frequência
<i>RMS</i>	Média Quadrática
<i>NMM</i>	Nível Médio dos Mares
<i>INT</i>	Intervalar
<i>AVE</i>	<i>Average</i>

SUMÁRIO

	INTRODUÇÃO	14
1	GEOLOGIA REGIONAL	21
1.1	Geologia de superfície	21
1.2	Evolução tectônica	24
1.3	Evolução estratigráfica	29
1.3.1	<u>Embasamento</u>	32
1.3.2	<u>Sequência do Rifte Basal</u>	32
1.3.3	<u>Sequência Carbonática Inferior e Sequência</u>	32
1.3.4	<u>Grupo Araras</u>	34
1.3.5	<u>Formação Serra Azul</u>	34
1.3.6	<u>Grupo Alto Paraguai</u>	34
1.3.7	<u>Grupo Paraná</u>	34
1.3.8	<u>Formações Anarí e Tapirapuã</u>	35
1.3.9	<u>Grupo Parecis</u>	35
1.4	Arcabouço Estrutural	35
2	DADOS UTILIZADOS	38
2.1	Dados Gravimétricos	38
2.1.1	<u>Projeto Reserva Indígena Juruena e Nordeste do Campo Novo (app314)</u>	38
2.1.2	<u>Projeto Bacia dos Parecis / Sub-bacia do Alto Xingu (app311)</u>	38
2.1.3	<u>Projeto Parecis:</u>	38
2.1.4	<u>Projeto 0295_GRAV_ANP_2D_PARECIS</u>	39
2.1.5	<u>Dados do Banco Nacional de Dados Gravimétricos (BNDG)</u>	39
2.2	Dados sísmicos e poços	39
3	METODOLOGIA	41
3.1	Correlação estratigráfica com perfis de poços	41
3.2	Amarração entre dados de poço e a sísmica	41
3.3	Interpretação sismoestratigráfica e Conversão tempo-profundidade	49
3.4	Mapas gravimétricos	54
3.5	Modelagem gravimétrica nas linhas sísmicas	59
4	RESULTADOS	60
4.1	Poços	60
4.2	Gravimetria	60
4.3	Sísmica	60
4.4	Modelagem gravimétrica	61
4.5	Mapeamento do embasamento econômico e cristalino	72
4.6	Mapeamento dos corpos densos anômalos do embasamento	72

	CONCLUSÕES	79
4.6.1	<u>Geologia Estrutural</u>	79
4.6.2	<u>Modelo tectônico</u>	80
4.6.3	<u>Principais contribuições e trabalhos futuros</u>	83
	REFERÊNCIAS	85
	APÊNDICE A – Seções Sísmicas restantes	90

INTRODUÇÃO

A exploração de hidrocarbonetos na Bacia dos Parecis tem desafiado geocientistas. Uma das principais razões é a falta de dados, afinal, até o presente momento, 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. Como resultado, nenhuma descoberta comercial foi relatada. Por esses motivos e pelo alto risco de investimento que ela representa, a Bacia do Parecis é classificada como bacia de fronteira exploratória.

Em contrapartida, existem algumas evidências que a tornam promissora, como por exemplo:

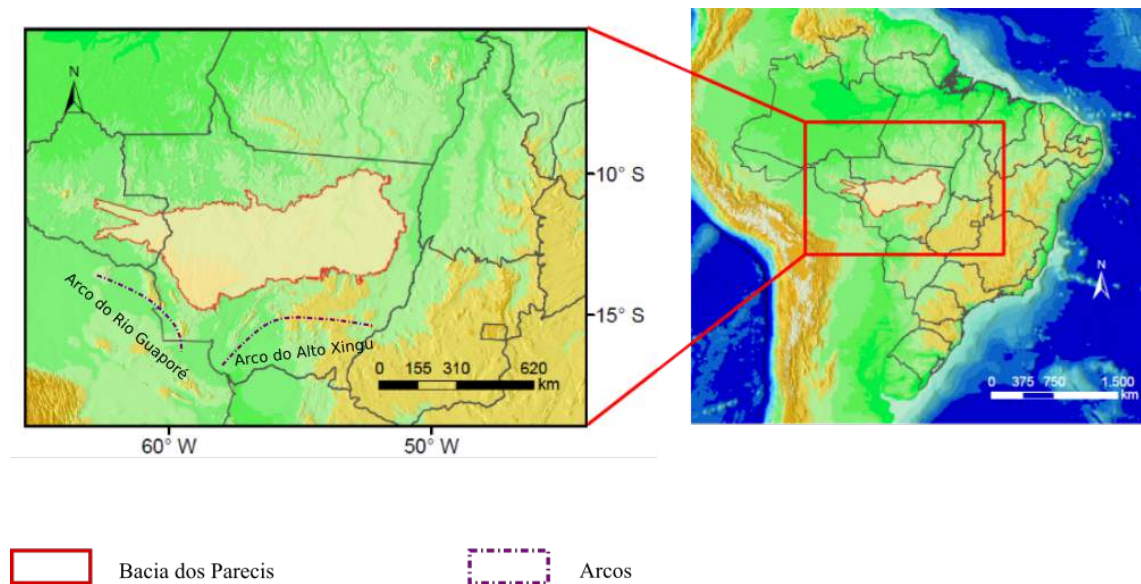
- a) a importante exsudação de gás que ocorre no Rio Teles Pires;
- b) a presença de óleo pesado nos carbonatos do Grupo Araras, na cidade de Mirassol d'Oeste (HAESER et al., 2014);
- c) e a ocorrência de óleo e gás no poço 3BRSA1307DSE, perfurado em 2014 no Graben de Pimenta Bueno.

A Bacia dos Parecis é umas das maiores no Brasil e sua cobertura mesozoica perfaz uma área de 356.376 km^2 . Possui o formato retangular e alongado na direção W-E. Ela ocupa praticamente em sua totalidade a porção centro-norte do Estado do Mato Grosso e parcialmente, o Estado de Rondônia (Figura 1). É limitada a sul pelo Arco do Alto Xingu, a oeste pelo Arco do Rio Guaporé, a norte pelas rochas das Províncias Ventuari-Tapajós e Rio Negro-Solimões e a leste pela Bacia do Bananal.

Em relação ao conhecimento geológico, a Bacia dos Parecis começou a ser estudada para fins de prospecção de hidrocarbonetos por Siqueira (1989), que propôs a correlação tectonoestratigráfica entre as bacias paleozoicas da América do Sul com a do Parecis (Figura 2). Outrossim, os dados de poços rasos (profundidades menores que 1.000 metros), mapeamento de superfície e gravimetria foram utilizados para gerar o mapa geológico e estrutural. Nesse estudo foi possível observar que a maior parte das rochas sedimentares existentes na Bacia são siliciclásticas. Também foram identificados e datados os basaltos da formação Anari, designados de idade cretácea por analogia com as áreas adjacentes (FILHO et al., 1977).

Bahia et al. (2006) publicaram a revisão bibliográfica da Bacia, adicionando ao estudo anterior a informação dos dois poços estratigráficos 2FI0001MT e 2SM0001MT, perfurados em 1993 e 1995, respectivamente. Nesta nova análise, foi apresentada uma nova carta estratigráfica, baseada na anterior (Figura 3). No ano seguinte, Bahia et al. (2007) apresentaram uma nova proposição da evolução tectonossedimentar e esses dois trabalhos representaram a solidificação do entendimento que a maior parte dos sedimentos foram considerados de idade paleozoica. Nesse trabalho, o mapa estrutural de Siqueira (1989) foi modificado (Figura 4) e mantida a

Figura 1 - Localização da Bacia dos Parecis.



Fonte: Siqueira (1989)

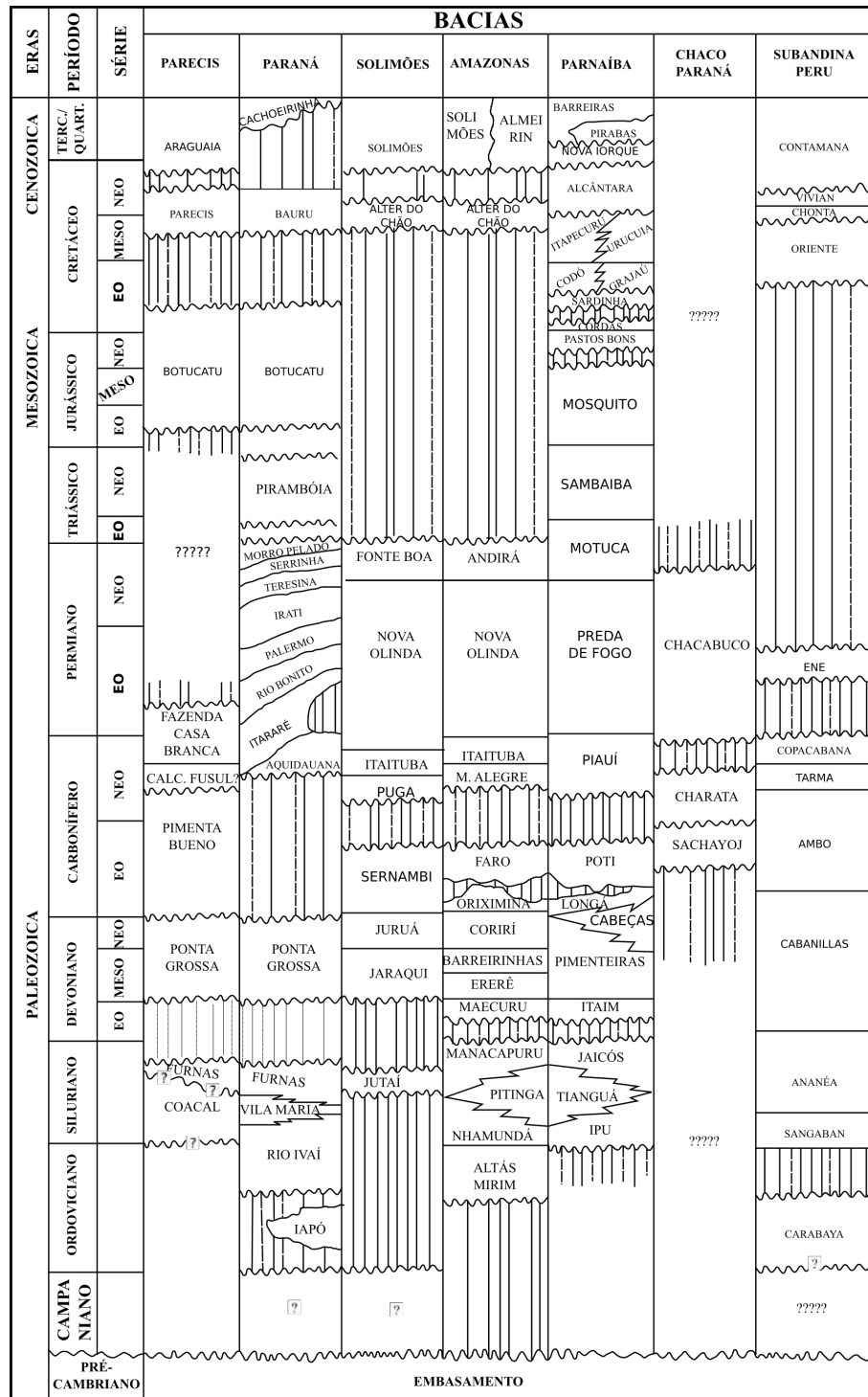
divisão proposta por Siqueira (1989), a qual subdivide a Bacia dos Parecis em três sub-bacias: Alto do Xingu, Juruena e Rondônia, que são separadas pelos Arcos de Serra Formosa e de Vilhena respectivamente.

A tese desenvolvida com esses dois trabalhos explicita que o embasamento da Bacia dos Parecis foi formado pela colagem dos blocos de Rio Negro-Juruena e Sunsás, durante o Ciclo Transamazônico de idade paleoproterozoica (TASSINARI, 1996). A sedimentação se iniciou no Neo-Ordoviciano, com o início do rifteamento, o que gerou um ambiente litorâneo e continental, depositando-se a Formação Cacoal na região da Fossa Tectônica de Rondônia e a Formação Furnas na extremidade leste, no Graben do Xingu.

Houve diversos ciclos de subsidência no supercontinente Gondwana devido às Orogenias Andinas. Ela foi causada pelo esforço flexural da crosta nessa região, tornando-a uma bacia de antepaís. No primeiro aumento de taxa de subsidência, houve a incursão marinha, tendo como consequência a deposição da Formação Ponta Grossa, de material predominantemente pelítico (MILANI, 1997). Na fase rifte (BAHIA et al., 2007) da Bacia, ocorreu alteração no ambiente e começaram a ser depositados sedimentos em ambientes glaciogênicos e fluvial-periglaciogênicos. Então, iniciou-se a deposição da Formação Pimenta Bueno, onde era predominante o ambiente de incursão marinha. Posteriormente, a região da Fossa Tectônica de Rondônia começou a se tornar mais profunda, fato que facilitou a deposição da Formação Fazenda da Casa Branca.(BAHIA et al., 2006).

Depois da glaciação, houve um hiato deposicional de cerca de 100 Ma, ocasião em que se iniciou o processo de sinéclise e posterior magmatismo, representados pelas Formações Anari (do Jurássico) (FILHO et al., 1977) e Tapirapuã (CORRÊA; COUTO, 1972) próximo de

Figura 2 - Correlação estratigráfica entre a Bacia dos Parecis e as demais bacias paleozoicas da América do Sul.



Fonte: Modificado de Siqueira (1989)

Figura 3 - Carta estratigráfica estabelecida da Bacia.

Tempo Geol. Ma	Geocron.		Litoestratigrafia			Sequências Deposicionais	Evolução Tectônica	Ambiente
	Período	Época	Unidades		Litologia			
			Gr.	Fm.				
100	T/K			TQ Ha		K-T		Fluv. Lacust.
	Cretác.	Neo	Parecis	Utiariti				
Eo		Salto das Nuvens						
150	Jurássico	Neo		Rio Ávila		J-K	Magn.	
		Meso		Anari				
		Eo						
200	Triássico	Neo					Sinéclise	
		Meso						
		Eo						
250	Permiano	Neo						Fluvial/ Glacial
		Eo						
300	Carbonífero	Pensilvani.		Fazenda da Casa		C-P		Fluvial Lacustre
		Eo		Pimenta Bueno				Glacial
		Neo						
350	Mississipi.	Neo						Marinho Raso
		Eo						
400	Devoniano	Neo		Ponta Grossa		S-D		Marinho Raso a Profundo
		Meso		Furnas				
		Eo						
450	Silúria.	Neo						Marinho Raso
		Meso						
		Eo						
450	Ordov.	Neo		Cacoal				
		Eo						
	Pré-cambriano			Complexo Jamari				

Modificado de Siqueira (1989) e Bahia et al. (2007).

Tangará da Serra (MT). As duas formações são similares e constituídas por basaltos isotrópicos, com granulação fina a afanítica. Ocorreram ainda diabásios com granulação grossa (FILHO et al., 1977). As datações realizadas pelos métodos K/Ar por (FILHO et al., 1977; SANTOS; OLIVEIRA, 1980; MINIOLI; PONÇANO; OLIVEIRA, 1971; SANTOS; OLIVEIRA, 1980) e com Ar/Ar (MARZOLI et al., 1999) mostram que as idades variam do Jurássico Inferior ao Cretáceo.

Sotoposta às Formações Anari e Tapirapuã, há a Formação Rio Ávila que foi depositada do Meso ao Neojurássico. Caracteriza-se por arenitos vermelhos de origem cretácica, de ambiente fluvial-lacustre. Por último, foi depositado o Grupo Parecis que aparece no topo da carta. Esse grupo é sub-dividido em Formação Salto das Nuvens, na porção inferior, e a Formação Utiariti, superior. Nessas formações existem vários corpos de kimberlitos cretáceos que afloram a sudeste e a noroeste da Bacia dos Parecis (BAHIA et al., 2006).

Recentemente Haeser et al. (2014) consideraram que a Bacia, além da cobertura mesozoica e paleozoica, contém predominantemente sedimentos neoproterozoicos. Desse modo, foi proposta uma nova carta estratigráfica que foi adotada neste estudo e será detalhada no capítulo 2. Apesar da mudança, não existe até o momento uma proposição da tectônica para o desenvolvimento desta Bacia. Por esse motivo, esta dissertação tem como objetivo principal propor um novo modelo tectônico para a Bacia dos Parecis e um novo mapa do arcabouço estrutural da Sub-bacia de Juruena. Espera-se que os resultados aqui apresentados possam contribuir de forma decisiva para o melhor entendimento do sistema petrolífero e, por conseguinte, contribuir significativamente para futuras campanhas de prospecção de hidrocarbonetos na região.

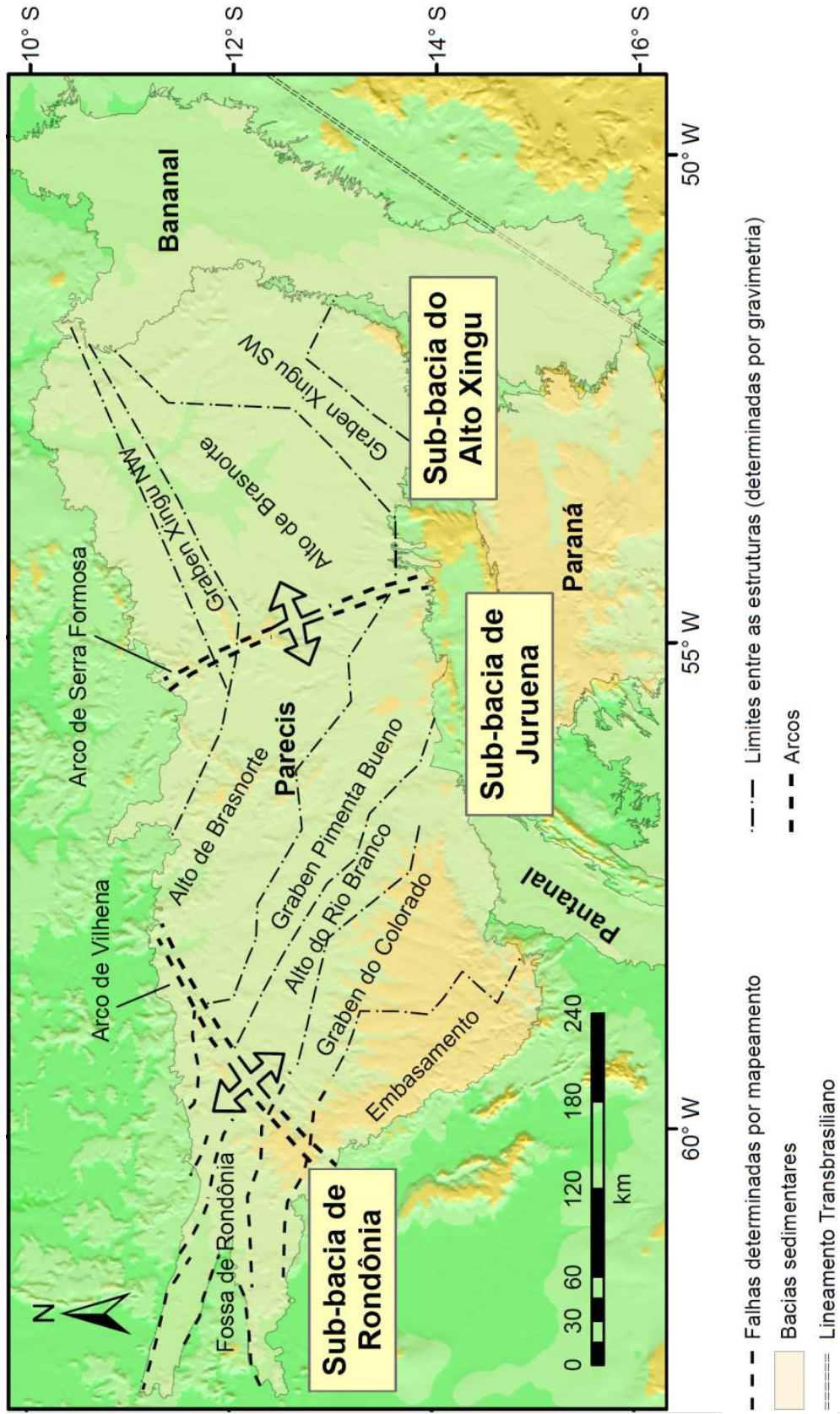
A metodologia utilizada consistiu em fazer uma interpretação integrada de dados sísmicos e gravimétricos, com a utilização do controle geológico fornecido por informações de poços. Esta abordagem é diferenciada das apresentadas até o momento porque permite a construção de um modelo tectônico que satisfaça os diferentes dados utilizados. De início, foram interpretados os principais horizontes em tempo de acordo com a amarração topos de formações ou grupos identificados nos poços. Em seguida, foi realizada a conversão de tempo para profundidade das linhas sísmicas e horizontes interpretados. Ambos foram utilizados como *input* na etapa de modelagem dos dados gravimétricos. Nesta etapa, procurou-se validar a interpretação sísmica sob a luz da resposta gravimétrica das feições/unidades mapeadas. Como resultado, foi possível refinar a interpretação sísmica original com a calibração de uma metodologia geofísica auxiliar.

Seguindo o fluxo de trabalho acima estabelecido, produziu-se um novo mapa +estrutural para a Bacia dos Parecis. Depois, verificou-se que os altos gravimétricos identificados no mapa de Anomalia Bouguer não correspondem necessariamente aos do embasamento, uma vez que não há correspondência desses altos gravimétricos com feições correlatas nos dados sísmicos. Uma outra interpretação aqui aventada é a da heterogeneidade litológica desse embasamento.

Este texto se organiza da seguinte forma: o capítulo 1 descreve a geologia regional em detalhes, como a evolução tectônica, o arcabouço estrutural e sua estratigrafia; o capítulo 2

apresenta o conjunto de dados utilizados; o capítulo 3 expõe toda a metodologia aplicada neste projeto; o capítulo 4 apresenta todos os resultados; e, por último, a conclusão do trabalho.

Figura 4 - Arcabouço estrutural.



Fontes: Modificado de BAHIA et al. (2007) Apud SIQUEIRA (1989) e CURTO et al. (2015)

1 GEOLOGIA REGIONAL

Conforme já foi abordado no capítulo anterior, não existem estudos, até o momento, que proponham a evolução tectônica da Bacia dos Parecis do Neoproterozoico ao Quaternário, visto que foi proposto recentemente a existência de um enorme pacote de rochas sedimentares neoproterozoicas (HAESER et al., 2014). Estudos anteriores consideravam que a sedimentação da Bacia iniciou-se no Paleozoico (SIQUEIRA, 1989; BAHIA et al., 2006; BAHIA et al., 2007) e, por isso, contam apenas uma parte da história evolutiva. Este capítulo tem como objetivo expor a evolução, desde a formação do Cráton do Amazonas, que serviu de base para processamento e interpretações dos dados que serão apresentados ao longo deste trabalho. A seguir serão apresentados mapas geológicos de superfície, detalhes sobre a evolução tectono-estratigráfica e sobre o arcabouço estrutural.

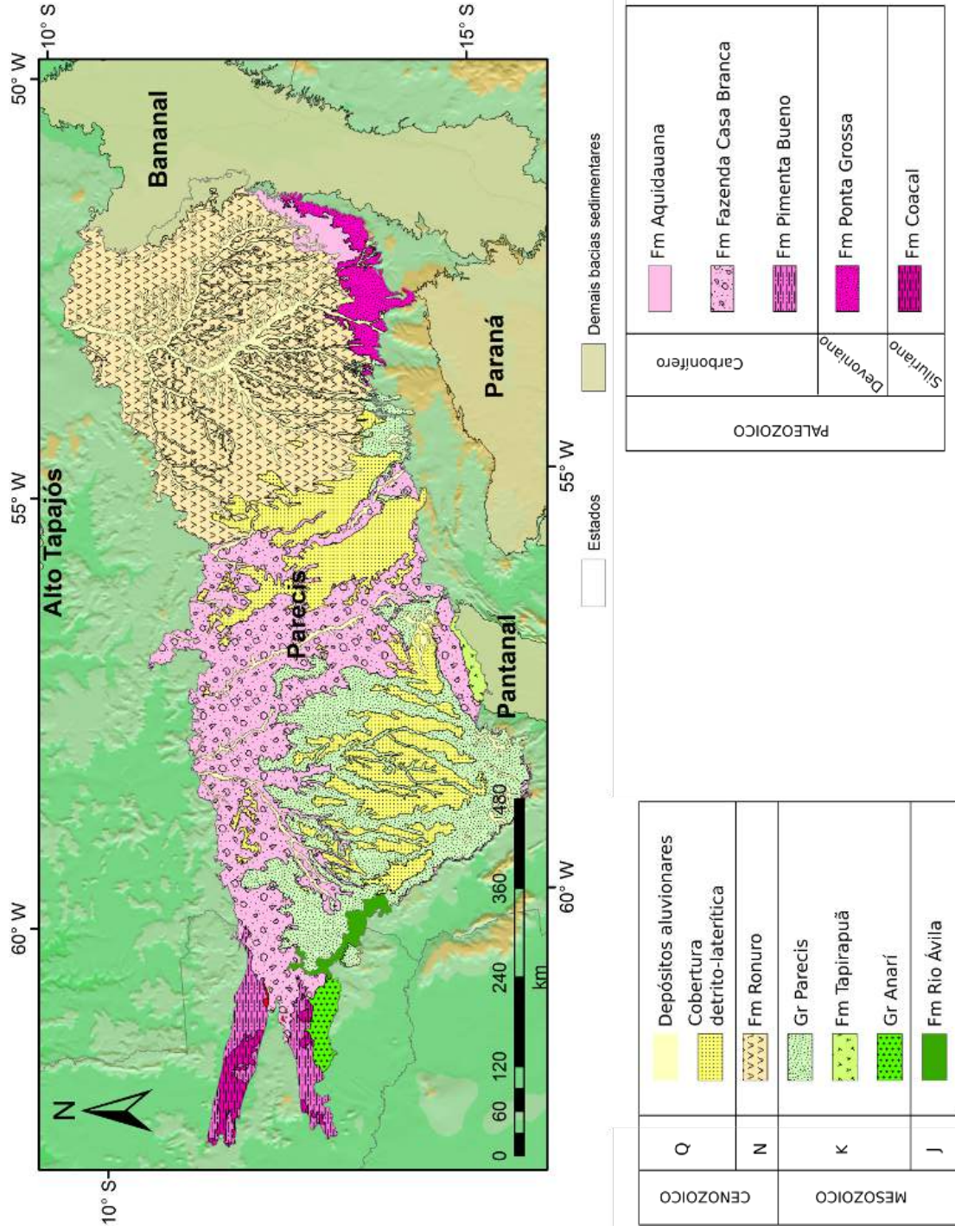
1.1 Geologia de superfície

A partir de mapeamentos geológicos de superfície que ocorreram no Estado de Rondônia (QUADROS; RIZZOTTO, 2007) e do Mato Grosso (FILHO et al., 2004) foram gerados os seguintes mapas:

- a) O mapa estratigráfico apresenta diferentes formações, grupos, complexos e suítes de rochas que afloram na bacia (Figuras 5).
- b) O mapa litológico descreve a litologia das diferentes formações, grupos, complexos e suítes de rochas que afloram na bacia (Figura ??).

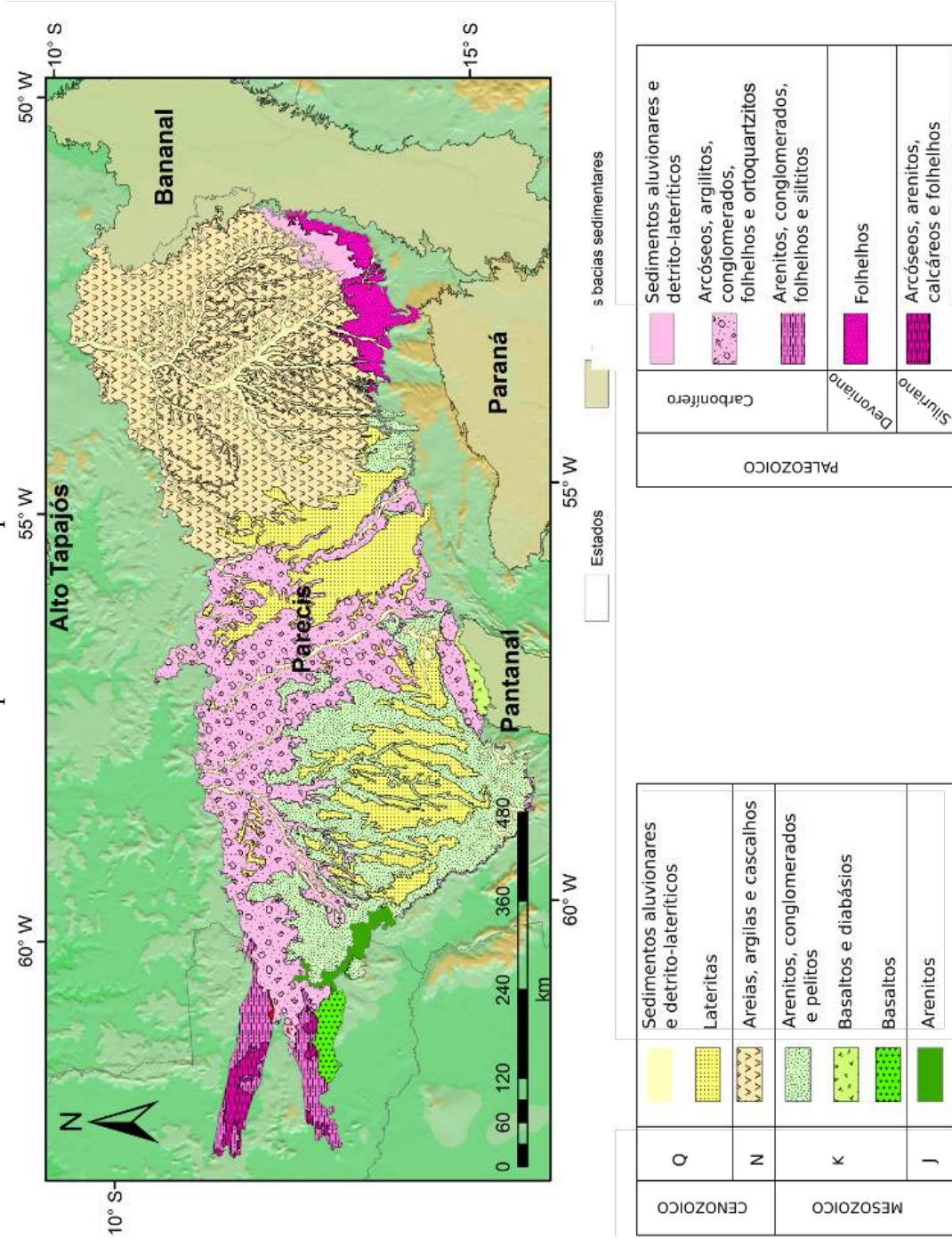
A partir destes dois mapas, é possível observar a predominância das rochas de idades cenozoicas, mesozoicas e paleozoicas em superfície. Grupos e formações são descritos a partir da carta estratigráfica consolidada por Bahia et al. (2006), como já foi descrito no capítulo 1. Entretanto, observa-se que a predominância de rochas sedimentares paleozoicas na porção central e, especialmente, na Fossa Tectônica de Rondônia. Essa feição está localizada à oeste da Bacia e foi estruturada em dois grabens, com falhas proeminentes na direção O-E, que se unem a leste.

Figura 5 - Mapa da geologia de superfície de acordo com o mapeamento de superfície de 1:1.000.000.



Fontes: FILHO et al. (2004) e QUADROS; RIZZOTO (2007).

de acordo com o mapeamento de superfície de 1:1.000.000.



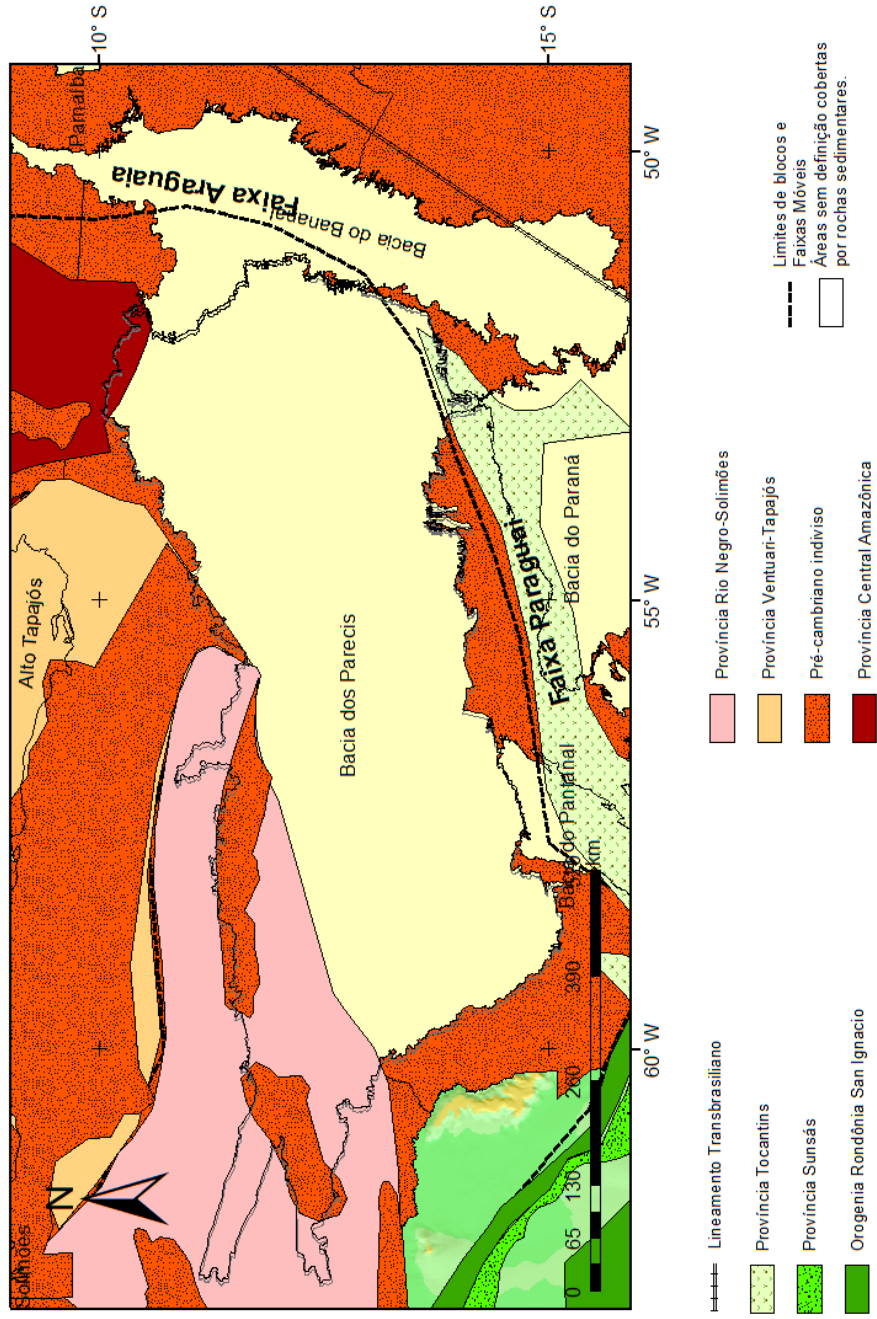
Fontes: FILHO et al. (2004) e QUADROS; RIZZOTO (2007).

Outro fato observado é que as rochas sedimentares cenozoicas estão presentes nas porções leste e oeste, enquanto que as de idade mesozoicas afloram a oeste. As rochas vulcânicas de idade cretácica do Grupo Anarí e da Formação Tapirapuã também afloram em superfície. Considerando sua composição, que é máfica e ultramáfica, sugere-se que sejam contemporâneas ao Grupo Serra Geral da Bacia do Paraná e ocorreram no mesmo contexto de magmatismo pré-rifteamento da América do Sul. A parte oeste possui intrusões, tal como foi observado no poço 2FI0001MT, por isso seu relevo é mais alto nessa área.

1.2 Evolução tectônica

A Bacia evoluiu em função da aglutinação e fechamento dos supercontinentes Rodínia e Gondwana; e de suas posteriores fragmentações/separações. Essa evolução teria ocorrido entre o Neoproterozoico (aproximadamente 700 Ma) e o Mesozoico (100 Ma) (HAESER et al., 2014; GIUSTINA et al., 2005). O substrato da Bacia é constituído pelo Cráton do Amazonas, formado por diversos eventos de acreção, que se iniciaram no Arqueano e se estenderam até o Mesoproterozoico. A Figura 6 apresenta a disposição desses blocos no Cráton Amazônico.

Figura 6 - Províncias do Cráton Amazônico adjacentes à Bacia dos Parecís.



Fontes: Modificado de CORDANI; TEIXEIRA (2007) e CURTO et al. (2015)

A história de aglutinação do Cráton do Amazonas começou durante a Orogenia Transamazônica (TEIXEIRA; TASSINARI; MONDIN, 2002). Novos núcleos rochosos foram gerados a partir do retrabalhamento de grandes blocos, com superfície de metamorfismo de alto e baixo grau. Segundo Cordani e Teixeira (2007), o Cráton do Amazonas é subdividido em dois núcleos formados no Arqueano e cinco províncias tectônicas do Proterozoico, com coerentes padrões estruturais e geocronológicos.

A primeira aglutinação ocorreu há cerca de 2.0 Ga, a partir da junção entre os blocos Xingu-Iricoumé (terrenos *graníticos-greenstones*) e Roraima (rochas máficas e ultramáficas), formando assim, a Província Central Amazônica (CORDANI; TEIXEIRA, 2007). Essa foi a fase na qual ocorreu o maior processo de acreção da história da Terra, quando o primeiro núcleo estável do planeta foi gerado, segundo Cordani et al. (2000). Então, a Província Maroni-Itacaiunas se formou à norte e à nordeste da Província Central Amazônica, o que depositou sequências de rochas sedimentares metavulcânicas associadas às rochas granitóides cálcio-alcalinas mais jovens (CORDANI; TEIXEIRA, 2007).

Em seguida, a Província Amazônica Central foi formada a partir de faixas móveis que circundam a Província Maroni-Itacaiunas à norte e nordeste. Esse núcleo com idade arqueana foi sofrendo acresção até formar as primeiras províncias proterozóicas: a Ventuari-Tapajós e Rio Negro-Juruena constituídas por rochas granitóides (CORDANI; TEIXEIRA, 2007). Ressalta-se que, na junções entre as grandes massas continentais pré-cambrianas, o bloco mais antigo da Província Ventuari-Tapajós colidiu com o mais jovem, a Província Rio Negro-Juruena, no período compreendido entre 1.8 a 1.6 Ga (KUSKY; LI; SANTOSH, 2007). O processo lento de colisão/acrecção continuados dessas duas placas produziram o embasamento de 2700 km de comprimento e cerca de 1000 km de largura (CORDANI et al., 2009), com rochas graníticas, gnáissicas e migmatíticas (GERALDES et al., 2001; CORDANI et al., 2009).

No final do Paleoproterozoico, o Escudo Aldan foi anexado ao Cráton do Amazonas (KUSKY; LI; SANTOSH, 2007) e a colisão entre os continentes Báltica e Laurentia, causou amalgamamentos e orogenias (TASSINARI et al., 2004; CORDANI; TEIXEIRA, 2007). Ao mesmo tempo, o Cráton do Amazonas foi rifteado em direção ao Cráton do Norte da China, o que gerou largos riftes, aulacógenos e ilhas de arcos magmáticos nessa região (CORDANI et al., 2009). Essa aglutinação tectônica foi responsável pela geração do supercontinente Rodínia (CORDANI; TEIXEIRA, 2007) entre 1250 e 960 Ma (NEVES, 2003). A grande colisão entre o Cráton do Amazonas e o Laurentia resultou a Orogenia Greenvillana (CORDANI et al., 2000), que ocorreu em dois pulsos (CORDANI et al., 2009). O primeiro pulso gerou a Faixa Rondônia-San Ignácio (entre 1,55 e 1,3), que contém rochas máficas, ultramáficas e vulcânicas. O segunda foi o pulso denominado Sunsás (1,3 e 1 Ga), que resultou na produção de rochas granitóides, basaltos e metassedimentos. A quebra do Rodínia aconteceu entre aproximadamente 950 e 600 Ma (CONDIE, 2002), período no qual ocorreu concomitantemente o início da aglutinação do Supercontinente Gondwana (HASUI, 2010). A abertura do Supercontinente Rodínia ocorreu na porção sul do Cráton do Amazonas, onde foram geradas estruturas disten-

sionais no Neoproterozoico (MISI et al., 1999). A linearidade das rochas nas bordas do Cráton sugere que houve geração de uma bacia marginal do tipo rifte nessa área (GODOY et al., 2010).

Contemporaneamente, segundo a teoria da Terra Bola de Neve (*Earth Snowball Theory*), o planeta passou por alguns ciclos glaciais, envolvendo glaciações, que geraram depósitos glaciogênicos e, sotopostos, depósitos de carbonatos precipitados em águas mornas, no período entre 750 e 550 Ma (HOFFMAN et al., 1998b), chamados Carbonatos de Capa. Existem diversos eventos climáticos que podem ter causado essa sedimentação tais como a alta da obliquidade orbital, desvio do eixo polar, redução da luminosidade solar, aumento da concentração de CO₂, absorção do CO₂ pelos oceanos por meio da precipitação e a ocorrência de mega-impactos. No mundo existem rochas sedimentares desse período, tais como:

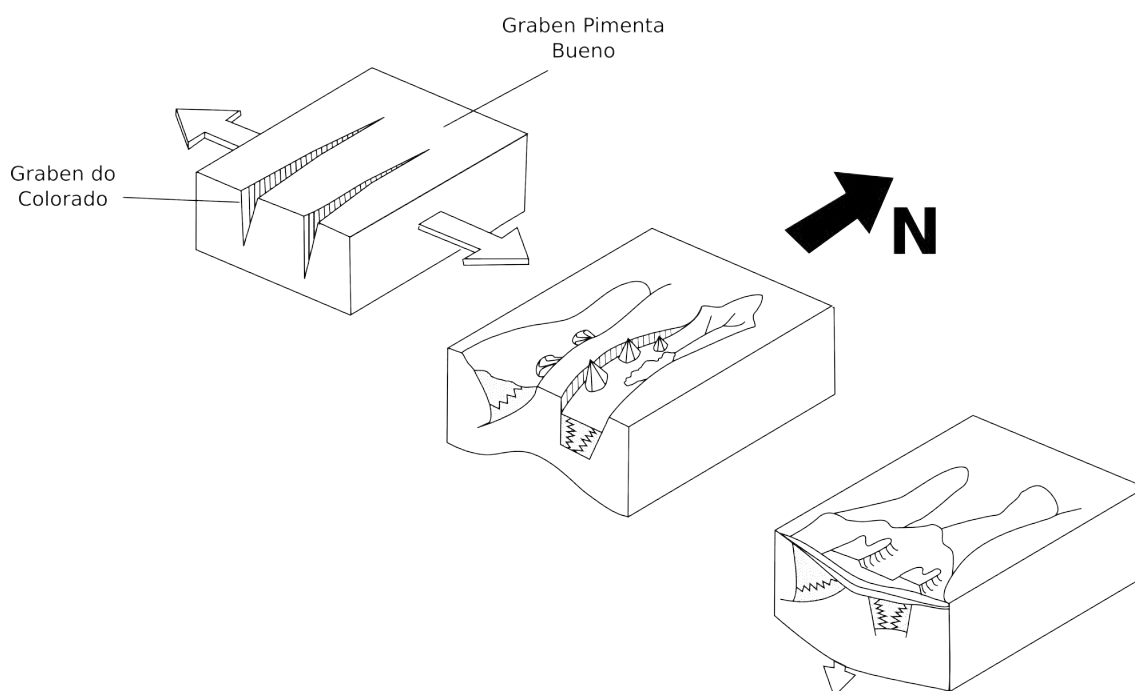
- a) Grupo *Otavi* da Bacia *Outjo* na Namíbia: esses carbonatos com facies plataformais datam do final do Neoproterozoico e estão sobre o Cráton do Congo. Esse grupo se depositou sobre as Formações *Chuoss* e *Ghaub*, que são duas unidades de rochas sedimentares glaciais de idade da Glaciação Sturtiana (entre aproximadamente 700 e 760 Ma) (HOFFMAN et al., 1998b; EYLES; JANUSZCZAK, 2007; HOFFMAN et al., 1998a).
- b) Topo da Formação *Olympic* da Bacia Amadeus e a Formação *Mount Dooren* da Bacia *Ngalia* na Austrália: ambas formações foram depositadas em plataformas profundas e a camada glaciogênica presente abaixo dessas formações tem idade da Glaciação Marinoana (KENNEDY, 1996).

A quebra do Rodínia gerou bacias de margens passivas e formou oceanos. Concomitantemente, os ciclos de glaciação possibilitaram deposições de sequências glaciais. Primeiramente foram geradas sequências de carbonatos-siliciclásticos com diamictitos e foram datados com idades de aproximadamente 740 Ma na Glaciação Sturtiana, Grupo Bambuí da Bacia do São Francisco (KAUFMAN; KNOLL; NARBONNE, 1997). Outra sucessão de carbonatos mais jovens, de idade Marinoana (610-600 Ma), foram depositados na porção sul do Cráton do Amazonas (MISI et al., 1999; CORDANI et al., 2009), representadas pela Formação Puga e pelo Grupo Araras; e, por último, uma sequência mais jovem de diamictitos e carbonatos depositados ocorreu a 580 Ma da Formação Serra Azul, relativa à Glaciação Gaskier (ALVARENGA et al., 2007; ALVARENGA et al., 2009).

O modelo utilizado por Bahia et al. (2007) é apresentado no bloco diagrama da Figura 7 e pode ser aplicado ao rifteamento da porção sul do Cráton do Amazonas na ocasião da abertura do Rodínia. Entretanto, a determinação da direção do norte paleogeográfico foi determinado por estudos de Hasui (2010).

Estudos de paleomagnetismo foram realizados na Formação Puga (TRINDADE et al., 2003), sequência sedimentar glaciogênica que contém diamictitos em sua base, relacionados à Glaciação Marinoana. A Fm Puga ocorre subjacente aos carbonatos de capa do Grupo Araras da Bacia dos Parecis (FONT; TRINDADE; NÉDÉLEC, 2005; FONT, 2006). Nessas duas

Figura 7 - Blocos diagramas sugeridos para o período Proterozoico.



Fonte: Modificado de BAHIA et al. (2007).

camadas existe a presença de hematitas e magnetitas que têm a propriedade de manter os registros de campos magnéticos remanescentes. Assim, foram inferidas as latitudes e uma possível reversão polar (aproximadamente 22° e -22°) durante o processo de deposição dessas rochas sedimentares. Esses trabalhos concluem que a sedimentação se deu em pequenas latitudes, o que corrobora a Teoria da Terra Bola de Neve. Posteriormente a Bacia dos Parecis passou por outra glaciação, a Gaskier, na qual foi depositada a Formação Serra Azul (ALVARENGA et al., 2009; ALVARENGA et al., 2007).

Enquanto isso, o processo de fechamento do Gondwana se iniciou graças a relevantes eventos geodinâmicos e tectono-termais entre 600 e 510 Ma, contemporaneamente aos ciclos Pan-africano e Brasileiro. Nesse evento de aglutinação dos Crátons Amazônico, Paraná, Congo e Kalahari, ocorreu o fechamento dos oceanos de Goiás, Adamastor e Borborema, o que gerou três sistemas orogênicos há 500 Ma: Mantiqueira, Tocantins e Borborema. No final da consolidação (aproximadamente em 460 Ma) ocorreu a exumação ou colapso dos Orógenos, acompanhados de erosão, intrusões e vulcanismo pós-colisional (HASUI, 2010).

De acordo com Moura et al. (2008), os blocos amalgamados ocorreram nos maciços do Paranapanema, de Goiás e no arco magmático do Cráton do São Francisco. Em seguida, nas Faixas de Brasília, Araguaia e Paraguai foram formadas (TROMPETTE, 1997), zonas de suturas entre os Crátons do Amazonas, São Francisco e Paraná. Segundo Neves, Fuck e Pimentel (2014), primeiramente existiam dois grandes domínios: a Amazônia (ou Pré-Brasiliano) e o Brasileiro. No final da orogenia Brasileira (entre 550 e 500 Ma), um corredor tectônico crus-

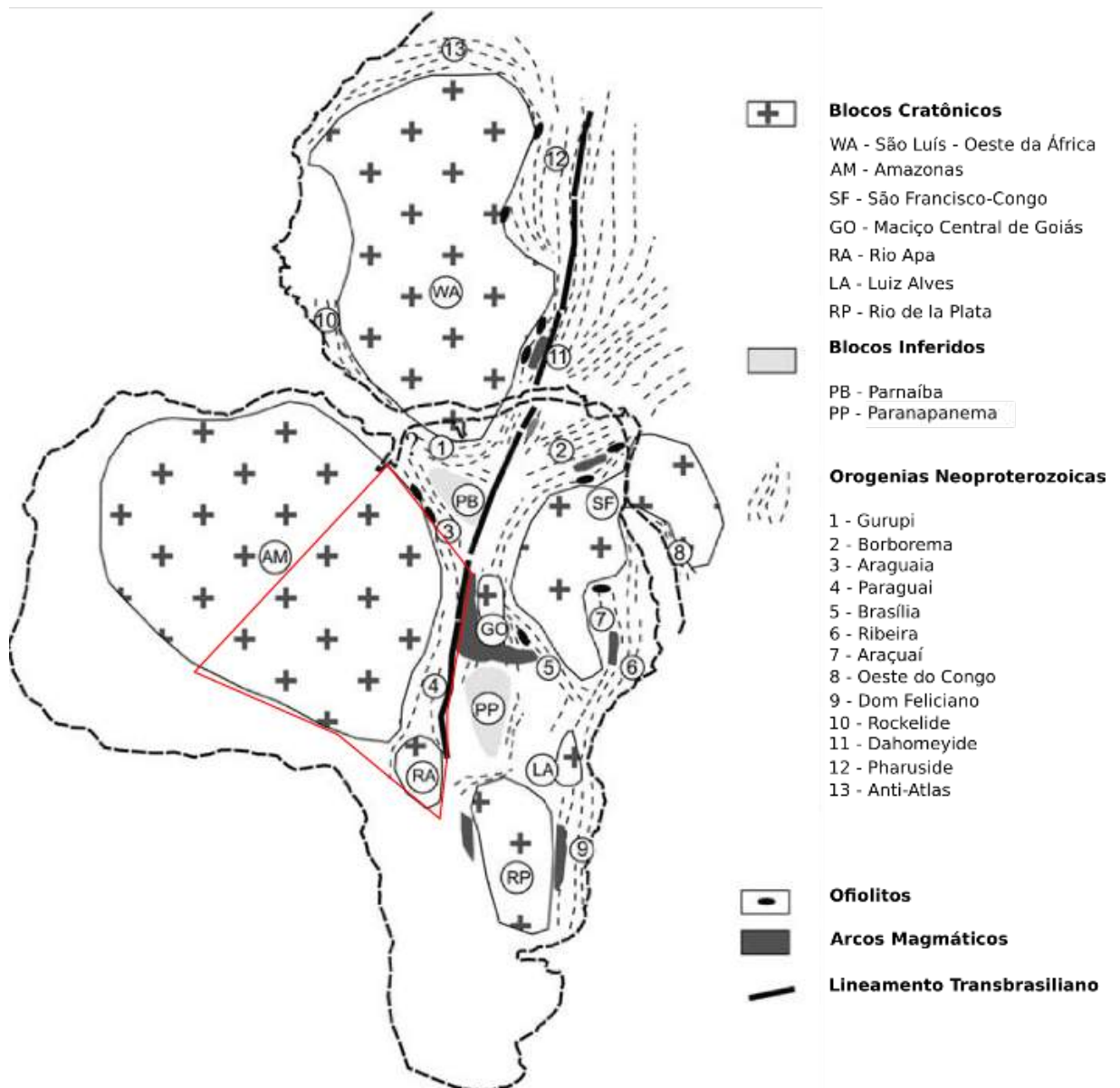
tal de dimensões intercontinentais foi formado pela junção desses dois blocos (NEVES; FUCK, 2013) e a cicatriz desta junção é uma feição que se chama Lineamento Transbrasiliano (CURTO et al., 2014; NEVES; FUCK, 2013). Ela se prolonga até o continente Africano, onde o lineamento é denominado Kandi (MINERAL; SCHOBENHAUS, 1975). Além das faixas móveis e lineamentos, de acordo com Klein e Moura (2008), a evolução dessas orogenias geraram a formação, em diferentes porções do Gondwana, de riftes, arcos de ilhas, subducção e colisões, que por sua vez formaram bacias continentais, marginais e oceânicas (Figura 8).

No Paleozoico, ocorreu a amalgamação de vários terrenos exóticos que contribuíram para a formação da Faixa Orogênica Andina. Essas orogenias influenciaram as bacias adjacentes, criando bacias retroarco e *foreland*. Nesse período, houveram diversas progressivas incursões marinhas sobre o Cráton flexionado, o que propiciou a deposição das Formações Ponta Grossa e Furnas. A combinação de tectonismo ativo e fatores climáticos inibiram a sedimentação nessa região, o que provocou um hiato de longo período de cerca de 45 Ma na Bacia do Paraná (MILANI et al., 1995) e 236 Ma na Bacia do Parecis, entre as Formações Botucatu e Ponta Grossa (HAESER et al., 2014). No Jurássico, um extenso campo de dunas (Formação Botucatu) cobriu boa parte da porção oeste da América do Sul, sendo seguida pelo maior evento magmático intracontinental ocorrido na história do planeta (Formação Serra Geral), que se manifestou durante o rifteamento do Atlântico Sul, no Cretáceo (MILANI et al., 1995). A subsidência continuou nas bacias até o final do Cretáceo, o que resultou na deposição de sedimentos lacustre-fluviais com contribuição de ondas (BAHIA et al., 2006) do Grupo Parecis (OLIVEIRA, 1915). Nesse estágio ocorreu a deposição do Grupo Bauru na Bacia do Paraná e do Grupo Parecis na Bacia dos Parecis (SIQUEIRA, 1989).

1.3 Evolução estratigráfica

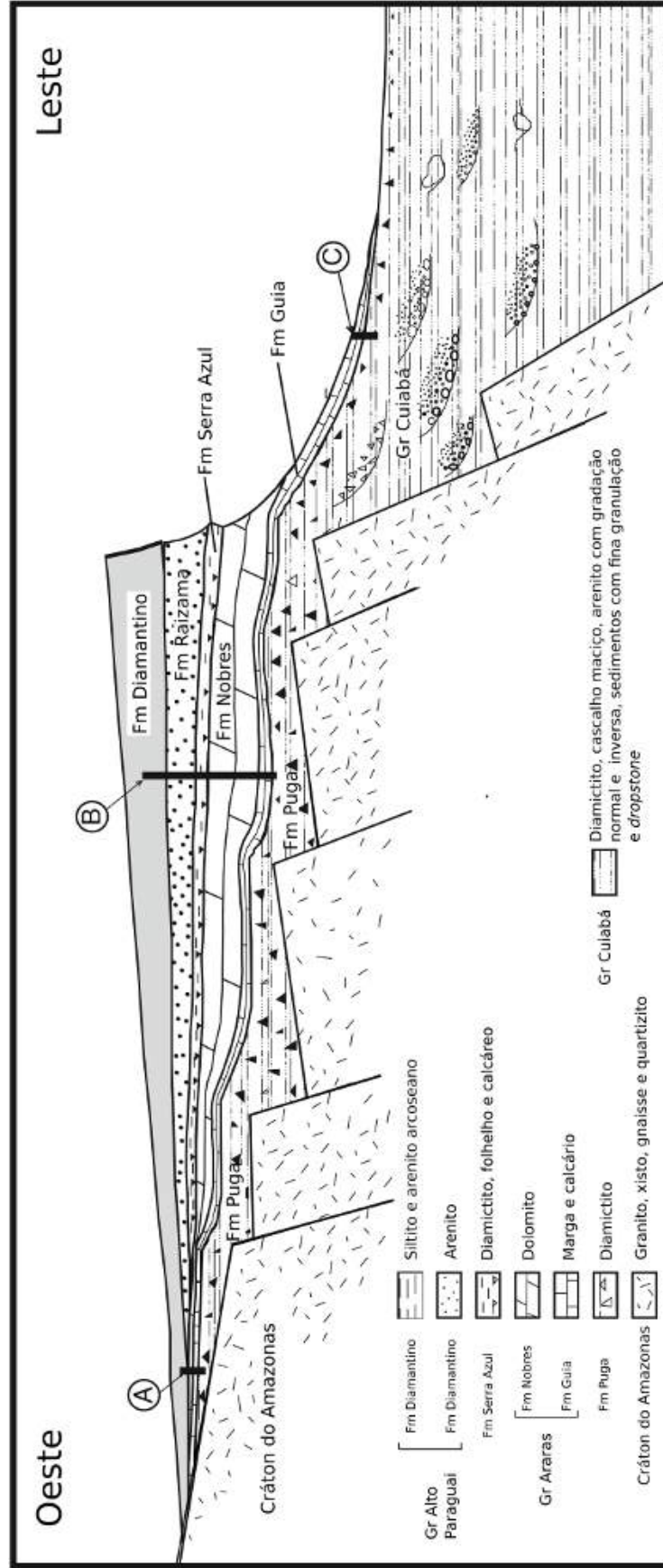
A estratigrafia da Bacia dos Parecis foi estabelecida a partir de afloramentos descritos na Faixa Paraguai (ALVARENGA et al., 2009), como ilustrados pelas Figuras 9) e 10, e correlacionados ao poço estratigráfico Salto Magessi (2SM0001MT), conforme descrito por Haeser et al. (2014), que reinterpretou os topos das formações com base nos dados elétricos, que serão apresentados no Capítulo 4 deste trabalho, e resultou na carta estratigráfica da Figura 11. Essa carta estratigráfica foi utilizada como fonte para a construção da hipótese que foi desenvolvida nesta dissertação, pois foi a partir dela que se entendeu que a sedimentação é mais antiga do que era suposto anteriormente. A seguir serão descritos os grupos e as formações da Bacia dos Parecis.

Figura 8 - Aglutinação do Supercontinente Gondwana e as localizações dos Crátons. O polígono em vermelho representa a localização da área de interesse deste estudo.



Modificado de KLEIN; MOURA (2015).

Figura 9 - Seção esquemática da região norte da Faixa Paraguai.



Fonte: Alvarenga et al. (2010)

1.3.1 Embasamento

Como já foi mencionado anteriormente neste estudo, o embasamento da Bacia é representado pela porção sul do Cráton do Amazonas formado aproximadamente no período entre o Arqueano e o Mesoproterozoico. É composto por rochas intrusivas básicas e ultrabásicas do Complexo Jamarí, gnaíssicas, migmatíticas e granitoides do Complexo Xingu de idades arqueana e mesoproterozoica, que afloram nas porções norte e sul, e metassedimentares que afloram na porção sudeste (BAHIA et al., 2007).

1.3.2 Sequência do Rifte Basal

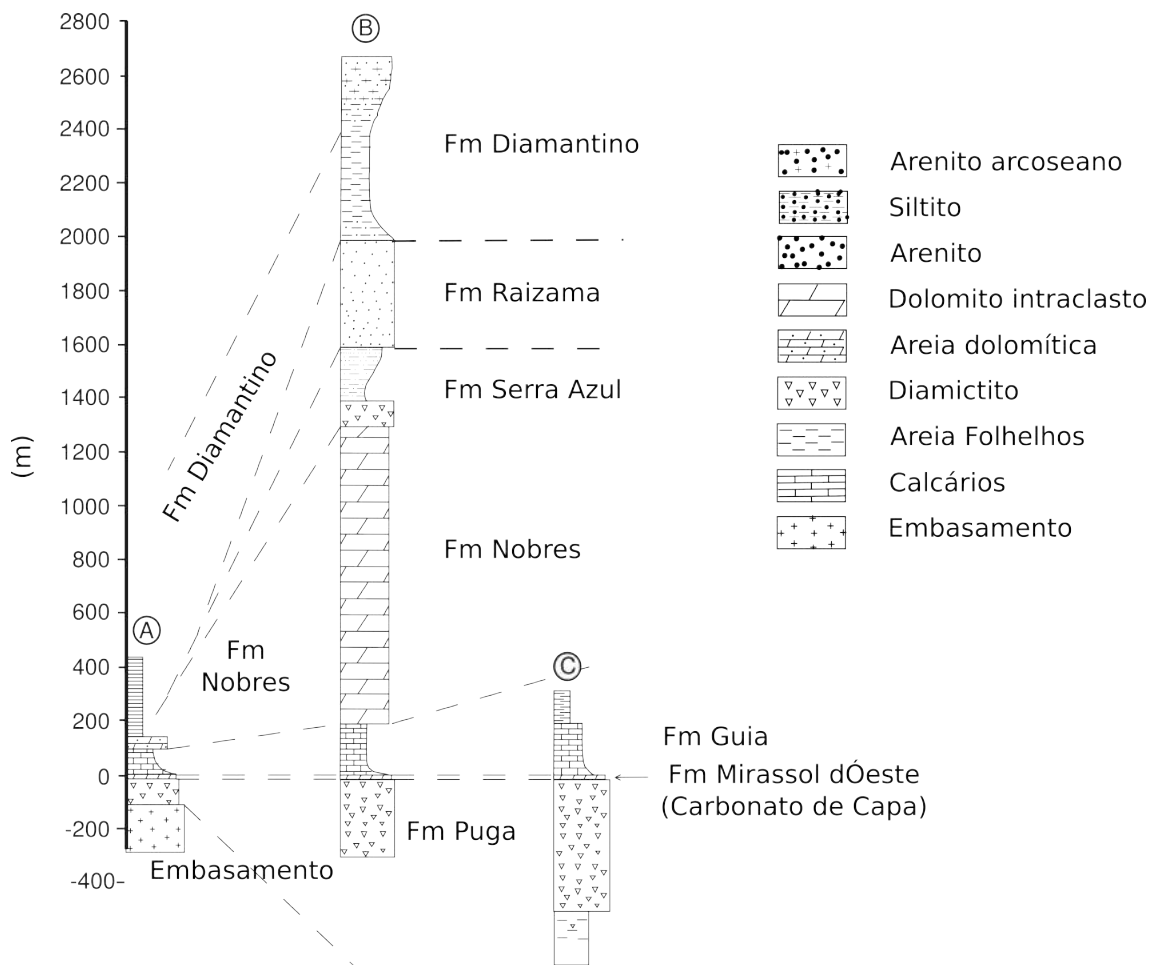
Essa sequência foi identificada no poço Salto Magessi por Haeser et al. (2014) e Alvarenga et al. (2009). ALMEIDA (1965) a denominou como Grupo Corumbá, relacionado a processos de rifteamento quando a crosta sofreu estiramento (ALVARENGA et al., 2009; ALMEIDA, 1965). No poço 2SM0001MT, essa sequência é caracterizada por arenitos de avermelhados e grãos bem selecionados, com granulometria de fina a média.

1.3.3 Sequência Carbonática Inferior e Sequência

Siliciclástica Superior

Essas sequências são descritas também por Haeser et al. (2014). Quando relacionamos aos estudos realizados por Alvarenga et al. (2009), entende-se que possivelmente estejam ligadas ao Grupo Jacadigo que foi formado no Neoproterozoico há cerca de 740 Ma (KAUFMAN; KNOLL; NARBONNE, 1997). Esse grupo é subdividido em duas formações: Urucum e Santa Cruz. A Fm Urucum é composta por arenitos e conglomerados cimentados por carbonatos, enquanto a Formação Santa Cruz, mais basal, é formada por arenitos arcoseanos vermelho-violetas com cimentos que contém hematitas, granitos e jaspelitos (ALVARENGA et al., 2009). Formação Puga A Formação Puga foi identificada no poço Salto Magessi com 90 metros de espessura e é formada principalmente por folhelhos de coloração cinza escuro e por diamictitos em sua base (HOFFMANN et al., 2004; CONDON et al., 2005). Dados de U-Pb em zircões detríticos de amostras de diamictitos forneceram idades entre 710 e 730 Ma nas áreas mais próximas à Bacia (BABINSKI et al., 2013), colhidos em afloramentos na porção norte da Faixa Paraguai (ALVARENGA et al., 2007).

Figura 10 - Perfis A, B e C descritos na seção esquemática da Faixa Paraguai referentes às barras da Figura 9



Fonte: Alvarenga et al. (2010)

1.3.4 Grupo Araras

Esse grupo é composto por sequência carbonática com espessuras que variam entre 100 a 150 m no limite sul do Cráton do Amazonas (ALVARENGA et al., 2009). A idade dessa unidade foi determinada por quimioestratigrafia isotópica C-O-Sr, em aproximadamente 600 Ma (ALVARENGA; SANTOS; DANTAS, 2004; ALVARENGA et al., 2008). O Grupo Araras é subdividido entre as Formações Mirassol D'Oeste, Nobres e Guia (NOGUEIRA et al., 2007). A sequência mais basal, a Formação Mirassol D'Oeste, é formada por dolomitos, estromatólitos e *ripples* gigantes (NOGUEIRA et al., 2003; ALVARENGA; SANTOS; DANTAS, 2004; ALVARENGA et al., 2008; ALLEN; HOFFMAN, 2005). Sotoposta a ela, a Formação Guia é formada por lamitos e calcários. E, finalmente, no topo do grupo, a Formação Nobre é composta por dolomitos, brechas, grainstones e packstones (ALVARENGA et al., 2009). O grupo como um todo é considerado como carbonatos de capa depositados acima da sequência glaciogênica da Formação Puga.

1.3.5 Formação Serra Azul

A Formação Serra Azul possui duas sequências diferentes: a sequência basal contém diamictitos, relacionados à Glaciação Gaskier, sendo que os clastos consistem em arenitos, arcóseos, chertes, quartzos, quartzitos, granitos, argilitos, metaconglomerados, carbonatos, diabásios, gnáisses, basaltos e riolitos e a matriz é argilo-siltosa. A outra sequência consiste uma pequena camada de siltito laminado (70 cm) de tamanhos variados no contato com a primeira sequência e, sotoposta, diversas camadas de arenitos laminados (ALVARENGA et al., 2007; ALVARENGA et al., 2009).

1.3.6 Grupo Alto Paraguai

É caracterizado por conter uma unidade basal siliciclástica representada por arenitos e ortoconglomerados (Formação Raizama); uma sequência com interdigitação de areia e folhelhos, chamada Formação Sepotuba; e por fim, a Formação Diamantino, composta novamente por sedimentos siliciclásticos (ALVARENGA; TROMPETTE, 1993).

1.3.7 Grupo Paraná

É correlato à mesma unidade da Bacia homônima. É composta pela Formação Furnas, que foi depositada em ampla área da margem meridional quando o Gondwana configurava-

se como uma plataforma arenosa de depósitos principalmente fluviais. Estes depósitos foram retrabalhados eventualmente por ondas de oceano aberto na porção sul (WIT; RANSOME, 1992; MILANI et al., 1995).

Essa unidade tem como característica marcante homogeneidade litológica singular, representada invariavelmente por arenitos brancos e amarelados, caulínicos com granulometria de média a grossa, por vezes conglomeráticos, com estratificações cruzadas predominantemente acanaladas. Em direção ao seu topo, a ocorrência de estratificações truncadas por ondas indica o avanço de condições marinhas sobre a plataforma deposicional.

Já a Formação Ponta Grossa é constituída basicamente por folhelhos, folhelhos sílticos, siltitos e arenitos frequentemente bioturbados, com estratificações truncadas por ondas, indicando a predominância de condições de litorâneas a plataformais durante sua deposição (MILANI et al., 1995).

1.3.8 Formações Anarí e Tapirapuã

São constituídas de vulcânicas máficas e ultramáficas de idade Mesozoica, correspondente à Formação Serra Geral da Bacia do Paraná. Esse magmatismo foi ativado durante o rifteamento e posterior abertura do Oceano Atlântico Sul (BAHIA et al., 2006).

1.3.9 Grupo Parecis

Esse grupo foi depositado no período Cretáceo, quando o ambiente que prevalecia era fluvial e eólico. Assim, foram depositadas areias e conglomerados. Corpos kimberlíticos cortaram essas rochas sedimentares na porção noroeste e sudoeste da Bacia. Areias, siltes e argilas cenozoicas cobriram discordantemente essas unidades (BAHIA et al., 2006).

1.4 **Arcabouço Estrutural**

A primeira informação significativa sobre o arcabouço estrutural se deu com a publicação do primeiro mapa da topografia do embasamento da Bacia dos Parecis em 1996. Esse mapeamento foi efetuado utilizando dados gravimétricos e magnetométricos por Braga e Siqueira (1996). Algum tempo depois, dados sismológicos estimaram a espessura da crosta, nas proximidades da cidade de Porto dos Gaúchos, entre 36,5 a 41,5 km. Além disso, foram estimadas espessuras menores que 32 km nas faixas Paraguai e Araguaia, sendo essas faixas móveis que circundam a Bacia (ASSUMPCÃO et al., 2013).

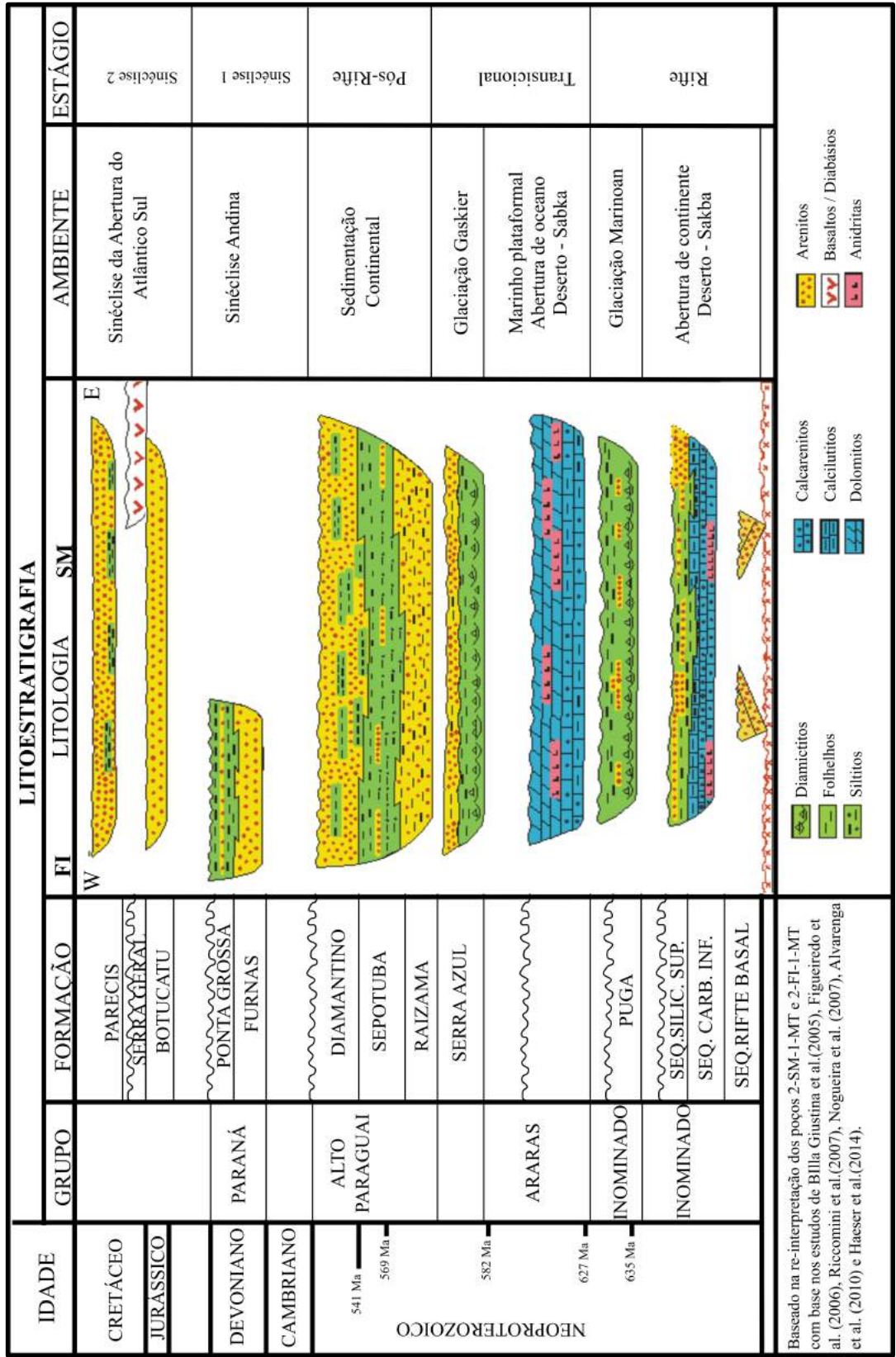
Como citado no Capítulo 1, a Bacia dos Parecis é compartimentada em grandes altos

estruturais e grabens. Os grabens são denominados Pimenta Bueno, Colorado, Caiabis e Xingu (SIQUEIRA, 1989; BAHIA et al., 2007; BRAGA; SIQUEIRA, 1996), enquanto que os altos são chamados de Rio Branco e Brasnorte. A principal direção das estruturas é E-O, de acordo com o mapa gravimétrico (BAHIA et al., 2007).

Flexor e Santos (2012) geraram um perfil regional de 500 km de extensão, que resultou numa pseudosseção de resistividade utilizando o método Magnetotelúrico (MT). Essa seção cruzou a porção central da Bacia, perpendicularmente às suas estruturas. Nesse perfil foi possível estimar profundidades de aproximadamente 8 km no Graben de Pimenta Bueno. O *strike* elétrico que segue o *trend* regional foi estimado entre 130° e 140°.

Recentemente, Cunha et al. (2015) apresentaram estimativas de profundidade da Bacia na região supostamente mais profunda do graben Pimenta Bueno, pela utilização de dados gradimétricos e magnetometria aérea. Pela modelagem 2D integrando esses dados com a sísmica, foi estimada a profundidade máxima do embasamento em 10 km aproximadamente. Entretanto, o autor utilizou o parâmetro de 2.70 g/cm^3 , que é considerado alto para o valor médio da densidade do Cráton do Amazonas. Neste trabalho vamos considerar o valor de 2.67 g/cm^3 , que seria a média da crosta continental e de rochas graníticas (BLAKELY, 1995).

Figura 11 - Diagrama estratigráfico da Bacia dos Parecis.



2 DADOS UTILIZADOS

Os dados geofísicos aplicados a este estudo, consistem em dados sísmicos bidimensionais, dados gravimétricos e dois poços. A Figura 12 apresenta a localização desses dados.

2.1 Dados Gravimétricos

O presente estudo utilizou dados gravimétricos adquiridos de formas bem distintas: levantamentos aéreos e terrestres. Como consequência, as parametrizações desses diferentes levantamentos são heterogêneas. A Figura 12 ilustra a disposição das diferentes aquisições em mapa base. Os diferentes tipos de dados dividem-se em:

2.1.1 Projeto Reserva Indígena Juruena e Nordeste do Campo Novo (app314)

Levantamento aéreo com intervalo de 18 km entre linhas de voo, e de 36 km entre as linhas de controle. A altitude média de voo foi de 1.060 m, com a utilização do gravímetro La-Coste and Romberg Air/Sea (Model S), com sensibilidade de 0.01 mGal e taxa de amostragem de 1.0 s. O início da aquisição se deu em 26/10/1995 e o final em 24/12/1995. Nessa aquisição foi levantado um total de 8.171 km lineares de perfis gravimétricos.

2.1.2 Projeto Bacia dos Parecis / Sub-bacia do Alto Xingu (app311)

Levantamento aéreo onde foram adquiridos 23.618 km de perfis gravimétricos no período entre 05/06/1995 e 02/07/1995. A altitude de voo foi de 1.060 m e leituras do campo gravimétrico a cada 50 m. As linhas de medição possuíam a direção NNO-SSE e espaçamento de 6 km; já as linhas de controle têm direção ENE-OSO e 18 km de espaçamento.

2.1.3 Projeto Parecis:

Levantamento terrestre sem informação disponível sobre a data exata da aquisição ou sobre o equipamento utilizado.

2.1.4 Projeto 0295_GRAV_ANP_2D_PARECIS

Aquisição terrestre realizada pela ANP, com estações gravimétricas coletadas a cada 100 m ao longo de 10 linhas coincidentes ao levantamento sísmico 0295_ANP_2D_PARECIS. Foi realizado no período entre 30/09/2009 e 14/12/2009.

2.1.5 Dados do Banco Nacional de Dados Gravimétricos (BNDG)

Dados terrestres adquiridos e em diversas datas por diferentes instituições de pesquisa e comerciais.

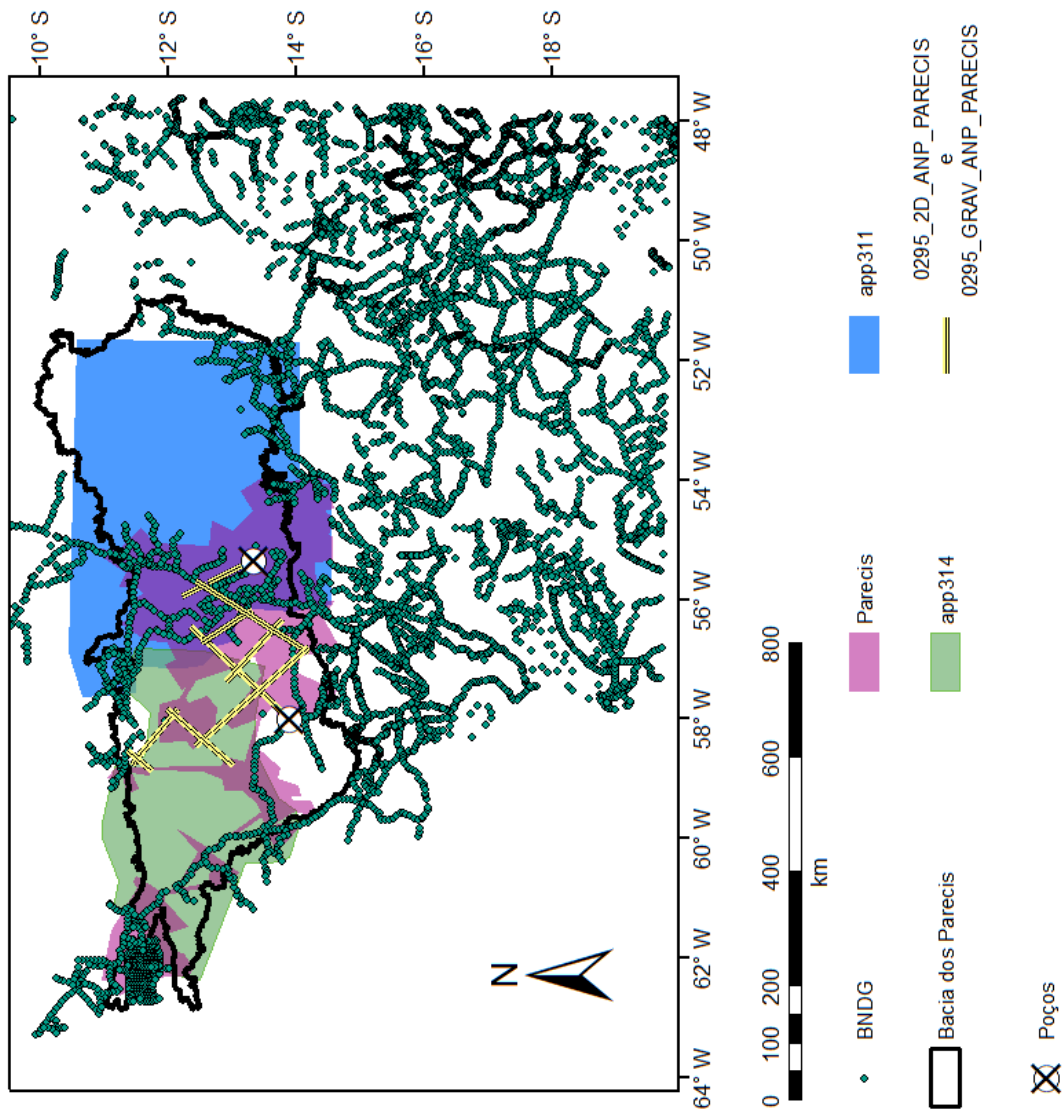
2.2 **Dados sísmicos e poços**

Os dados sísmicos, do Levantamento 0295_ANP_2D_PARECIS da ANP, foram adquiridos 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 m. O levantamento empregou, de uma forma geral, lança de *Split Spread* assimétrico de 2500/25/0/25/7975 m. Na linha 0295-0006, foi utilizado o *Split Spread* simétrico 4775/25/0/25/4775 m. Para cada PT foram utilizados quatro furos com 3 m de profundidade e carga de 0,5 kg em cada um dos furos (2 kg de carga por PT). Foi aplicado o arranjo de 12 elementos por receptor. Em alguns pontos houve *skips* (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. Esta técnica tem vantagem sobre a migração pós-empilhamento por atenuar o efeito das ondas S, o que contribui na diminuição de ruídos (YILMAZ, 2001). 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).

Na área foram disponibilizados perfis de raio gama (GR), sônico (DT), neutrão (NPHI), resistividade (ILD e/ou ILM) e densidade (RHOB) dos poços 2SM0001MT e 2FI0001MT.

Figura 12 - Mapa da localização dos dados utilizados no projeto.



3 METODOLOGIA

O fluxo de trabalho ilustrado pela Figura 13 foi adotado na presente dissertação e envolveu cinco etapas. Abaixo serão discutidas brevemente estas etapas.

3.1 Correlação estratigráfica com perfis de poços

Os perfis de poços foram interpretados e correlacionados aos principais marcadores geológicos da Bacia por Bahia et al. (2006), considerando que a maior parte da sedimentação possuía idades paleozoicas. Entretanto, como foi utilizado o estudo de Haeser et al. (2014), houve a necessidade de reinterpretar os perfis elétricos de acordo com o conhecimento bibliográfico da Faixa Paraguai, pois o ambiente da Bacia é adjacente à estes sedimentos neoproterozoicos.

Esse conhecimento da geologia local foi aplicado à interpretação dos seguintes perfis de poço: sônico (DT), densidade (RHOB), porosidade neutrão (NPHI), resistividade (ILD/ILM) e raios gama (GR). Os perfis correspondem a propriedades físicas distintas entre as formações que facilitam o reconhecimento das diferentes litologias. Então, foi realizada a reinterpretação dos topos e bases das Formações e Grupos sedimentares existentes na Bacia. A Tabela 14 apresenta os valores dos topos e bases das formações do poço Salto Magessi.

O mesmo procedimento foi realizado para o poço Fazenda Itamarati, incluindo a análise das curvas e interpretação dos topos de formações e grupos. A Tabela 15 apresenta os topos de formações e grupos determinados com a utilização das curvas do poço 2FI0001MT.

Posteriormente, esta análise foi aplicada ao processo de amarração de dados de poço e sísmica.

3.2 Amarração entre dados de poço e a sísmica

Esta etapa foi realizada com o cruzamento de informações dos dados de poço e da sísmica. Foi utilizado um sismograma sintético calculado a partir da Impedância Acústica (IA) dos poços, de modo a simular um traço sísmico em profundidade no entorno do poço. Então, o sismograma foi comparado ao traço sísmico real em tempo e uma tabela de relação entre tempo e profundidade foi estabelecida.

O cálculo da Impedância Acústica nos poços é dado pela seguinte equação (1):

$$IA = \rho \cdot v \quad (1)$$

Figura 13 - Fluxograma de trabalho.

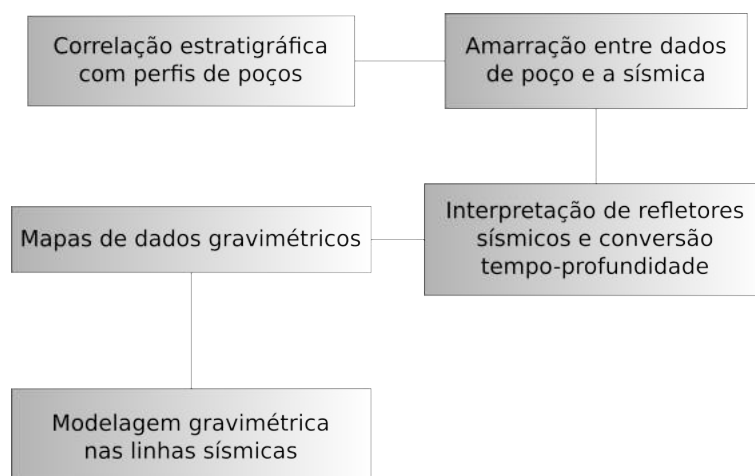


Figura 14 - Profundidades de topo e base das formações interpretadas no poço Salto Magessi (2SM0001MT).

Formações e Grupos	Topos (m)	Bases (m)	Espessuras (m)
Fm Parecis	0	310	310
Fm Botucatu	310	518	208
Fm Diamantino	518	2250	1732
Fm Sepotuba	2250	3400	1150
Fm Raizama	3400	3905	505
Fm Serra Azul	3905	3972	67
Gp Araras	3972	4574	602
Fm Puga	4574	4921	347
Sequência Siliciclástica Superior	4921	5155	234
Sequência Carbonática Inferior	5155	5670	515
Rifte Basal	5670	—	—

Figura 15 - Profundidades de topo e base das formações interpretadas no poço Fazenda Itamarati (2FI0001MT).

Formações e Grupos	Topos (m)	Bases (m)	Espessuras (m)
Fm Parecis	0	34	34
Soleira 1	670	760	90
Soleira 2	835	1006	171
Soleira 3	1175	1280	105
Soleira 4	1445	1507	62
Filito	1800	—	—

Onde ν é igual à velocidade da onda P, que é calculada pelo inverso do perfil sônico (DT), ou seja, $\nu = 1/DT$ e a densidade ρ é dada pelo perfil (RHOB).

Em seguida, calculou-se o coeficiente de reflexão (CR), que representa o contraste de Impedância Acústica entre duas camadas. O CR é descrito pela relação 2, onde $n-1$ é uma camada e n , a camada imediatamente acima:

$$CR_{n,n-1} = \frac{(IA_n - IA_{n-1})}{(IA_n + IA_{n-1})} \quad (2)$$

Na sequência, foram extraídas *wavelets* dos dados sísmicos nas proximidades de cada poço num raio de de 500 m. Outrossim, foi calculada a wavelet no intervalo de interesse que compreende as camadas neoproterozoicas. Desta forma, optou-se por extrair wavelet abaixo dos 1.000 m que corresponde ao tempo duplo de 0,5 s aproximadamente, até o final do poço. Para cálculo foram consideradas as linhas 0295-0010, para o poço 2SM0001MT, e a linha 0295-0002, para o poço 2FI0001MT.

Então, a partir da *wavelet* convolvida com o coeficiente de reflexão, foi calculado o sismograma sintético. A Figura ?? e a função 3 representam o processo de geração do sismograma sintético.

$$S(p) = CR(p) * W(f) \quad (3)$$

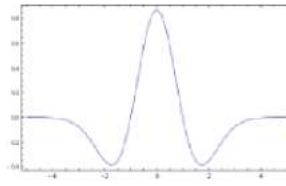
Sendo $S(p)$ o sismograma sintético, $CR(p)$ o Coeficiente de Reflexão em função da profundidade (m) e $W(f)$ a *wavelet* em função da frequência. O produto final da amarração é a relação entre a profundidade e o tempo, em forma de tabela, que é responsável por estabelecer a velocidade que as ondas sísmicas se propagam em subsuperfície.

As Figuras 16 e 17 se referem à amarração do poço 2SM0001MT com a linha sísmica 0295-0010; enquanto que as Figuras 18 e 19 referem-se ao poço 2FI0001MT, com a linha sísmica 0295-0002.



Coeficiente de Reflexão (CR)

*



Wavelet

=



Sismograma Sintético