

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS

**SÍNTESE DA GEOLOGIA DO PARAGUAI ORIENTAL,
COM ÊNFASE PARA O MAGMATISMO ALCALINO
ASSOCIADO**

Delio Orué

Orientador: Prof. Dr. Celso de Barros Gomes

DISSERTAÇÃO DE MESTRADO

Programa de Pós-Graduação em Mineralogia e Petrologia

SÃO PAULO
1996

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS

SÍNTESE DA GEOLOGIA DO PARAGUAI ORIENTAL,
COM ÊNFASE PARA O MAGMATISMO ALCALINO
ASSOCIADO

Delio Orué

Orientador: Prof. Dr. Celso de Barros Gomes

DISSERTAÇÃO DE MESTRADO

COMISSÃO JULGADORA

	nome	ass.
Presidente:	<u>CELSO DE BARROS GOMES</u>	<u></u>
Examinadores:	<u>VICENTE JOSÉ FULFARO</u>	<u></u>
	<u>MABEL NORMA COSTA ULBRICH</u>	<u></u>

SÃO PAULO
1996

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS

DEDALUS - Acervo - IGC



30900005358

**SÍNTESE DA GEOLOGIA DO PARAGUAI ORIENTAL,
COM ÊNFASE PARA O MAGMATISMO ALCALINO
ASSOCIADO**

Delio Orué

Orientador: Prof. Dr. Celso de Barros Gomes

DISSERTAÇÃO DE MESTRADO

Programa de Pós-Graduação em Mineralogia e Petrologia



SÃO PAULO
1996

ÍNDICE GERAL

ÍNDICE DAS FIGURAS	viii
ÍNDICE DAS TABELAS	ix
RESUMO	x
ABSTRACT	xii
AGRADECIMENTOS	xiv
CAPÍTULO 1 - INTRODUÇÃO	1
1.1. Area de estudo	1
1.2. Trabalhos anteriores	4
1.2.1. Geologia geral	5
1.2.2. Geotectônica	7
1.2.3. Geocronologia	8
1.2.4. Magmatismo alcalino	9
1.2.5. Magmatismo ultrabásico alcalino	10
1.3. Temática geral e objetivos	11
CAPÍTULO 2 - METODOLOGIA	12
2.1. Pesquisa bibliográfica	12
2.2. Trabalhos de campo e mapeamento	12
2.3. Levantamento geofísico	14
2.4. Petrografia microscópica	17
CAPÍTULO 3 - ESTRATIGRAFIA DO PARAGUAI ORIENTAL	19
3.1. Pré-cambriano Sul	19
3.1.1. Complexo do Rio Tebicuary	19
3.1.1.1. Generalidades	19
3.1.1.2. Distribuição territorial	20
3.1.1.3. Posição estratigráfica	22
3.1.1.4. Petrografia	22

3.1.2. Suíte Villa Florida	22
3.1.2.1. Generalidades	22
3.1.2.2. Distribuição territorial	23
3.1.2.3. Posição estratigráfica	23
3.1.2.4. Geocronologia	23
3.1.2.5. Petrografia	23
3.1.3. Grupo Paso Pindó	27
3.1.3.1. Generalidades	27
3.1.3.2. Distribuição territorial	28
3.1.3.3. Posição estratigráfica	28
3.1.3.4. Petrografia	28
3.1.4. Unidade Vulcanossedimentar do Cristo Redentor	29
3.1.4.1. Generalidades	29
3.1.4.2. Distribuição territorial	30
3.1.4.3. Posição estratigráfica	31
3.1.4.4. Petrografia	31
3.1.5. Grupo Caapucú	32
3.1.5.1. Generalidades	32
3.1.5.2. Distribuição territorial	33
3.1.5.3. Posição estratigráfica	34
3.1.5.4. Geocronologia	34
3.1.5.5. Petrografia	35
3.2. Pré-cambriano Norte	35
3.2.1. Complexo do Rio Apa	35
3.2.1.1. Generalidades	35
3.2.1.2. Distribuição territorial	37
3.2.1.3. Posição estratigráfica	40
3.2.1.4. Geocronologia	40
3.2.1.5. Petrografia	41
3.2.2. Suíte Centurión	42
3.2.2.1. Generalidades	42
3.2.2.2. Distribuição territorial	43
3.2.2.3. Posição estratigráfica	44
3.2.2.4. Petrografia	44

3.2.3. Grupo San Luís	45
3.2.3.1. Generalidades	45
3.2.3.2. Distribuição territorial	47
3.2.3.3. Posição estratigráfica	47
3.2.3.4. Petrografia	48
3.2.4. Metassedimentos de Cerro Lorito	49
3.2.4.1. Generalidades	49
3.2.4.2. Distribuição territorial	49
3.2.4.3. Posição estratigráfica	50
3.2.4.4. Petrografia	50
3.2.5. Grupo Itapucumí	50
3.2.5.1. Generalidades	50
3.2.5.2. Posição estratigráfica	53
3.2.5.3. Formação Vallemí	54
3.2.5.3.1. Generalidades	54
3.2.5.3.2. Distribuição territorial	54
3.2.5.3.3. Posição estratigráfica	55
3.2.5.3.4. Petrografia	55
3.2.5.4. Formação Cambájhopo	56
3.2.5.4.1. Generalidades	56
3.2.5.4.2. Distribuição territorial	57
3.2.5.4.3. Posição estratigráfica	57
3.2.5.4.4. Petrografia	59
3.2.6. Suíte San Ramón	59
3.2.6.1. Generalidades	59
3.2.6.2. Distribuição territorial	59
3.2.6.3. Posição estratigráfica	60
3.2.6.4. Petrografia	60
3.3. Grupo Caacupé	61
3.3.1. Generalidades	61
3.3.2. Formação Paraguari	62
3.3.2.1. Generalidades	62
3.3.2.2. Distribuição territorial	64
3.3.2.3. Posição estratigráfica	64
3.3.2.4. Petrografia	64

3.3.2.5. Litogênese	66
3.3.3. Formação Cerro Jhú	66
3.3.3.1. Generalidades	66
3.3.3.2. Distribuição territorial	67
3.3.3.3. Posição estratigráfica	68
3.3.3.4. Petrografia	68
3.3.3.5. Litogênese	68
3.3.4. Formação Tobatí	69
3.3.4.1. Generalidades	69
3.3.4.2. Distribuição territorial	70
3.3.4.3. Posição estratigráfica	70
3.3.4.4. Petrografia	71
3.3.4.5. Litogênese	71
3.4. Grupo Itacurubí	71
3.4.1. Generalidades	71
3.4.2. Formação Boquerón	73
3.4.2.1 Generalidades	73
3.4.2.2. Distribuição territorial	73
3.4.2.3. Posição estratigráfica	75
3.4.2.4. Petrografia	76
3.4.2.5. Litogênese	76
3.4.3. Formação Eusebio Ayala	76
3.4.3.1. Generalidades	76
3.4.3.2. Distribuição territorial	77
3.4.3.3. Posição estratigráfica	78
3.4.3.4. Petrografia	79
3.4.3.5. Litogênese	80
3.4.4. Formação Isla Pucú	80
3.4.4.1. Generalidades	80
3.4.4.2. Distribuição territorial	81
3.4.4.3. Posição estratigráfica	82
3.4.4.4. Petrografia	82
3.4.4.5. Litogênese	84
3.5. Formação Arroyos Esteros	84
3.5.1. Generalidades	84

3.5.2. Distribuição territorial	85
3.5.3. Posição estratigráfica	86
3.5.4. Petrografia	86
3.5.5. Litogênese	87
3.6. Grupo Coronel Oviedo	87
3.6.1. Generalidades	87
3.6.2. Distribuição territorial	88
3.6.3. Posição estratigráfica	88
3.6.4. Petrografia	88
3.6.5. Formação Aquidabán	89
3.6.5.1. Generalidades	89
3.6.5.2. Distribuição territorial	90
3.6.5.3. Posição estratigráfica	90
3.6.5.4. Petrografia	90
3.7. Grupo Independencia	91
3.7.1. Generalidades	91
3.7.2. Formação San Miguel	92
3.7.2.1. Generalidades	92
3.7.2.2. Distribuição territorial	93
3.7.2.3. Posição estratigráfica	93
3.7.2.4. Petrografia	96
3.7.2.5. Estruturas primárias	96
3.7.2.6. Área-fonte	96
3.7.2.7. Ambiente de sedimentação	97
3.7.3. Formação Tacuary	97
3.7.3.1. Generalidades	97
3.7.3.2. Distribuição territorial	98
3.7.3.3. Posição estratigráfica	98
3.7.3.4. Petrografia	99
3.7.3.5. Ambiente de sedimentação	100
3.8. Formação Misiones	101
3.8.1. Generalidades	101
3.8.2. Distribuição territorial	102
3.8.3. Posição estratigráfica	102
3.8.4. Petrografia	103

3.8.5. Ambiente de sedimentação	104
3.9. Formação Alto Paraná	104
3.9.1. Generalidades	104
3.9.2. Distribuição territorial	105
3.9.3. Posição estratigráfica	105
3.9.4. Geocronologia	106
3.9.5. Petroquímica	106
3.10. Formação Acaray	107
3.10.1. Generalidades	107
3.10.2. Distribuição territorial	107
3.10.3. Posição estratigráfica	108
3.10.4. Petrografia	108
3.11. Formação Patiño	108
3.11.1. Generalidades	108
3.11.2. Distribuição territorial	110
3.11.3. Posição estratigráfica	110
3.11.4. Petrografia	110
3.11.5. Ambiente de sedimentação	111
3.11.6. Sedimentos associados (pós-alcalino)	112
3.11.6.1. Generalidades	112
3.11.6.2. Distribuição territorial	113
3.11.6.3. Posição estratigráfica	113
3.11.6.4. Petrografia	114
3.12. Grupo Rio Paraguai	114
3.12.1. Generalidades	114
3.12.1.1. Área-fonte	116
3.12.1.2. Descrição da área e seus depósitos	116
3.12.2. Sedimentos Detríticos	117
3.12.2.1. Generalidades	117
3.12.3. Formação San Lazaro	118
3.12.3.1. Generalidades	118
3.12.3.2. Distribuição territorial	119
3.12.3.3. Posição estratigráfica	119
3.12.3.4. Petrografia	120

3.12.4. Formação Santa Rosa	120
3.12.4.1. Generalidades	120
3.12.4.2. Distribuição territorial	121
3.12.4.3. Posição estratigráfica	121
3.12.4.4. Petrografia	121
3.12.5. Aluviões Atuais	122
3.12.5.1. Generalidades	122
CAPÍTULO 4 - MAGMATISMO ALCALINO	
4.1. Generalidades	123
4.2. Aspectos geológicos	125
4.3. Aspectos tectônicos	126
4.4. Aspectos geocronológicos	130
4.5. Províncias alcalinas	131
4.5.1. Alto Paraguai	131
4.5.1.1. Características geoquímicas	134
4.5.2. Amambay	134
4.5.2.1. Petrografia	135
4.5.3. Central	138
4.5.3.1. Petrografia	139
4.5.4. Misiones	143
4.5.4.1. Petrografia	144
4.5.5. Assunção	144
4.5.5.1. Petrografia	146
CAPÍTULO 5 - CONSIDERAÇÕES GERAIS SOBRE A GEOLOGIA DO PARAGUAY ORIENTAL	147
CAPÍTULO 6 - REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	154

ÍNDICE DAS FIGURAS

Figura 1 - Mapa de localização da área de trabalho	1
Figura 2 - Mapa geológico esquemático do Paraguai Oriental. Legendas: Q, Quaternário (Grupo Rio Paraguai); T, Terciário (Formação Patiño, Formação Acaray); K, Cretáceo (Formação Alto Paraná); J, Jurássico (Formação Misiones); P, Permiano (Grupo Independencia); C, Carbonífero (Grupo Coronel Oviedo); Or/Si/De, Ordoviciano-Siluriano-Devoniano (Grupo Caacupé, Grupo Itacurubí); Eo, EoCambriano (Grupo Itapucumí); P _ε , Pré-cambriano (Sul e Norte)	2
Figura 3 - Toponímia do Paraguai Oriental e vias de acesso	3
Figura 4 - Tectônica regional da margem ocidental da Bacia do Paraná. Legendas: 1, Alto de Assunção; 2, Alto do Rio Apa; 3, Baixo de San Pedro. Em tracejado, limite das áreas pré-cambrianas; seta maior, limite da plataforma fanerozóica.	6
Figura 5 - Coluna estratigráfica do Paraguai Oriental	21
Figura 6 - Secção geológica de Pré-cambriano Sul no Alto Assunção	24
Figura 7 - Principais tipos litológicos das áreas pré-cambrianas	25
Figura 8 - Geologia do Pré-cambriano Norte no Alto do Rio Apa	39
Figura 9 - Secção geológica do Grupo Itacupumí	58
Figura 10 - Coluna litoestratigráfica do Paleozóico ao Quaternário	65
Figura 11 - Mapa geológico das unidades silurianas a devonianas (extraído de Orué et al., 1992)	74
Figura 12 - Perfil de raios gama (0-200 A) e litológico dos poços da Anschutz (1981) no intervalo correspondente à seqüência Ordoviciano-Siluriano numa secção E-W entre as localidades de Isla Pucú e Santa Elena.	83
Figura 13 - Correlação das fácies da Formação San Miguel baseado nos poços da Anschutz e Texaco (extraído de Thornburg et al., 1993)	94
Figura 14 - Paleogeografia da porção SE do Paraguai durante a deposição da Formação San Miguel (extraído de Thornburg et al., 1993)	95
Figura 15 - Área de influência do Grupo Rio Paraguai na planície do rio Paraguai	115
Figura 16 - Mapa de localização dos corpos alcalinos do Paraguai Oriental (extraído de Gomes et al., 1996)	129

ÍNDICE DAS TABELAS

Tabela 1 - Classificação das estações gravimétricas	16
Tabela 2 - Posição cronoestratigráfica do Ordoviciano-Siluriano, segundo dados da literatura	61
Tabela 3 - Poços da Anschutz na área de Itacurubí de la Cordillera	82
Tabela 4 - Idades K-Ar de rochas basálticas da Formação Alto Paraná (extraído de Velázquez, 1992)	106
Tabela 5 - Localização dos corpos alcalinos mesozóicos do Paraguai Oriental (extraído de Velázquez, 1992)	127
Tabela 6 - Relação de idades e razão inicial das unidades magmáticas associadas às Províncias de Alto Paraguai, Central e Amabay	132

RESUMO

A região oriental do Paraguai, situada entre os paralelos 22° e 28° de latitude S e meridianos 54° e 58° de longitude W, perfaz um total de 159.827 km². Sucintamente, abrange rochas do embasamento Pré-cambriano, depósitos do Paleozóico Inferior, Médio e Superior, passando a sedimentos mesozóicos e cenozóicos, além de "sills", "flows", diques básicos e alcalinos ocorrendo associados a "stocks" alcalinos posicionados entre o NeoPermiano e o Terciário.

Estratigraficamente, distinguem-se duas unidades pré-cambrianas, Norte e Sul. O Pré-cambriano Norte apresenta uma cobertura de margem cratônica Eo-Cambriana, além de fácies arenosas do Carbonífero, em contraste nítido com as litologias graníticas e vulcânicas. Às formações anteriores se associam, no Pré-cambriano Sul, rochas sílico-clásticas do Ordoviciano-Siluriano e arenosas do Permiano, refletindo litologias e estruturas com evolução diferenciada, embora insuficientes para caracterizar uma descontinuidade crustal, litosférica ou mesmo deformações dos núcleos pré-cambrianos. Faz parte desse conjunto a bacia marginal precoce de margem cratônica, responsável pelos sedimentos clásticos da Formação Vallemí e calcários da Formação Cambajhopo, ambos pertencentes ao Grupo Itapucumí.

Regionalmente, as feições geotectônicas das unidades paleozóicas refletem episódios de área de bacia, com o desenvolvimento da fase de subsidência, esta coincidente com o preenchimento sílico-clástico do Grupo Caacupé, ainda que a maior parte da sedimentação esteja associada ao Grupo Itacurubí (Llandoveryano). Sobre esses depósitos se coloca o "blanket" arenoso e conglomerático que constitui a base da Formação Arroyos Esteros e que marca o desenvolvimento do aulacógeno Siluro-Devoniano. Após a discordância EoCarbonífera, a zona assume caráter flexural, sendo retomada a deposição, agora de natureza glacial, com o Grupo Coronel Oviedo e, em parte, com a Formação Aquidabán. Por outro lado, o Permiano apresenta, no todo, um caráter transgressivo na direção SW, com o Grupo Independencia, o acúmulo de arenitos da Formação San Miguel, além dos calcários da Formação Tacuary, mais para NE.

Entre o Permiano e o Triássico tiveram início atividades magmáticas alcalinas guardando relação com mega-estruturas do tipo "rift" e sedimentos flúvio-eólicos da Formação Misiones; seguem-se derrames basálticos da Formação Alto Paraná e arenitos da Formação Acaray, entre o NeoJurássico e o EoCretáceo.

O Cenozóico assiste uma revolução na geometria interna, de natureza vertical e pequena escala, mas de magnitude suficiente para intervir na distribuição de litofácies da Formação Patiño. O Quaternário ocorre numa faixa alongada segundo NS, acompanhando o rio

Paraguai; quatro unidades aluvionais são individualizadas, com a mais antiga, formada por material detrítico situado em terraços antigos; é seguida por conglomerados e calcários de pedimento, passando a sedimentos inconsolidados de planícies aluviais recentes e, por último, a cascalhos de planícies atuais sobrepostos por bancos arenosos.

Em geral, o quadro geotectônico do Paraguai Oriental aponta para a existência de diversos pólos de atividade tectono-magmática, que deram origem a numerosos focos alcalinos distribuídos por várias províncias. A do Alto Paraguai congrega rochas sieníticas saturadas a insaturadas e apresenta idade em torno de 250 Ma. As de Amambay e Central estão ligadas a rochas de tendência póttassica e exibem idade aproximada de 130 Ma. A de Misiones guarda relação com rochas ultra-alcalinas com idade média de 116 Ma, enquanto que a mais recente (61-39 Ma) reúne diversos corpos de rochas ultrabásicas de natureza sódica.

ABSTRACT

The eastern region of Paraguay located between parallels 22° and 28° S and meridians 54° to 58° W represents a total area of 159,827 km². It includes Pre-cambrian basement rocks, Lower to Upper Paleozoic deposits overlain by Mesozoic and Cenozoic sediments, in addition to sills, flows and dikes all of them related to alkaline stocks during the NeoPermian to Tertiary times.

Stratigraphically, it contains two Pre-cambrian areas, north and south. The northern unit presents an Eo-Cambrian cratonic margin cover as well as a facies of Carboniferous sandstones contrasting with granitic and volcanic lithologies. To those formations are associated, at the southern area, Ordovician-Silurian silico-clastic rocks and Permian sandstones reflecting lithology and structure with a differentiated evolution, although insufficient to characterize a crustal discontinuity, lithospheric or other deformations of the Pre-cambrian nucleus. Also included in this group is the early marginal basin to the cratonic border which is responsible for the clastic sediments of the Vallemí Formation and the carbonate rocks of the Cambájhopo Formation both belonging to the Itapucumí Group.

The geotectonic facies of the Paleozoic units reflect regional episodes of burial areas with the development of a subsidence phase. This agrees with the former silico-clastic deposits of the Caacupé Group although the largest part of the sedimentation is related to the Itacurubí Group (Llandoveryan). Over those deposits lies a blanket of sandstones and conglomerates corresponding to the basis of the Arroyos Esteros Formation, which marks the development of the Silurian-Ordovician aulacogen. After the so-called Carboniferous unconformity, the area assumes a flexural character and is overlain by glacial deposits (Coronel Oviedo Group) and locally by the Aquidabán Formation rocks. On the other hand, the Permian times point to a transgressive character coming from SW, which is responsible for the formation of the Independencia Group sediments and also by the accumulation of fine sandstones (San Miguel Formation) and carbonate rocks (Tacuary Formation).

The first event of alkaline magmatic activity related to megastructures of rift type took place during the Permian to Triassic times in association with aeolic sediments of the Misiones Formation. Almost contemporaneously basaltic rocks of the Alto Paraná Formation are found at the eastern part of Paraguay, mainly as lava flows capped by sandstones of the Acaray Formation.

The Cenozoic has been submitted to a revolution in the internal geometry of the whole area showing vertical motion and small scale, but of sufficient magnitude to interfere in the distribution of the Patiño Formation lithofacies. The Quaternary sediments are concentrated

along a NS band parallel to the Paraguay river. Five different units are recognized, being the oldest one represented by detrital deposits concentrated on ancient terraces; it is followed by talus deposits of conglomerates and limestones that change to unconsolidated sediments (alluvial fans) of recent origin. The youngest material consists of pebbles overlain by sandy banks.

In general, the geotectonic picture of Eastern Paraguay points to the existence of various poles of tectonic-magmatic activity as indicated by the various provinces distributed over the whole area. Thus, the Alto Paraguay consists of syenite rocks both saturated and unsaturated in SiO_2 , and presenting an age of about 250 Ma; the Amambay and Central contain rocks of potassium tendency which are approximately 130 Ma in age; the Misiones ultra-alkaline rocks show an average age of 116 Ma, while the most recent province of Asuncion (61-39 Ma) consist of different bodies of ultrabasic rocks of sodic affinity.

AGRADECIMENTOS

O presente trabalho, nos seus diferentes estágios, tornou-se possível graças à inestimável cooperação de instituições e pessoas, prestada na forma de apoio, orientação e provimento de material bibliográfico.

A todos, minha gratidão e respeito.

- Ao Professor Doutor Celso de Barros Gomes, pela dedicação, críticas, sugestões, revisão final do texto e, sobretudo, confiança, assim como pelo interesse científico sobre o tema magmatismo alcalino do Paraguai.
- Ao colega Victor Velázquez F., com quem sempre contei nas horas em que precisei de ajuda e amizade, e que me acompanhou com paciência nas discussões de natureza científica.
- À Facultad de Ciencias Exactas y Naturales da UNA, na pessoa do Decano Professor Licenciado Elbio Esquivel.
- À Dirección de Material Bélico (DIMABEL), na pessoa do Diretor, Coronel DEM. IM. Rodolfo Gonzalez.
- Ao Departamento de Geologia (FACEN), em especial a chefe, Professora Licenciada Mirna Sosa C.
- Ao Departamento Geomineralógico (DIMABEL), em especial ao chefe, Licenciado Atilio Medina S.
- Ao CNPq, pela assistência financeira para a realização do Programa de Pós-Graduação junto ao Instituto de Geociências.
- À COSEAS, pela concessão da bolsa-moradia no CRUSP.
- Ao Departamento de Desarrollo de Investigaciones da UNA, na pessoa do Diretor, Professor Doutor Ladislao Nagy, pela assistência financeira que possibilitou a concretização do projeto "Estratigrafía y sedimentación del Paleozóico Inferior en el Paraguay Oriental".
- Ao Professor Doutor James DeGraff, pelos primeiros passos nas ciências.
- Aos colegas Professores Licenciados Carlos e Lucia B. Figueredo, pela ajuda prestada, notadamente na parte bibliográfica.
- Ao Licenciado Adolfo B. Báez, pela contribuição nos trabalhos de campo e desenhos geológicos.
- Aos Professores do Programa de Pós-Graduação do Instituto de Geociências, pela colaboração durante o curso.
- À secretária do Departamento de Mineralogia e Petrologia do Instituto de Geociências, Sra. Marta José da Silva, pela ajuda valiosa.

- Ao corpo técnico da biblioteca, pela atenção e auxílio oferecidos durante todo o período de permanência no Instituto de Geociências.
- À Professora Doutora Gladys León de Lozano, pelo grande incentivo.
- À Professora Licenciada Yudit dos Santos, pelo espírito compreensivo e solidariedade.
- Ao Professor Licenciado Juan Carlos Velázquez M., Coordenador de Investigação da FACEN, pelo apoio.
- À Dirección de Recursos Naturales del Ministerio de Obras Públicas, em especial ao Diretor, Professor Licenciado Agustín López Nuñez, pela colaboração.
- Ao Licenciado Narciso Cubas, pela confecção de secções delgadas e auxílio na Cadeira de Petrologia.
- A Mario Villalba Filho, pela ajuda, compreensão e ensinamentos em informática.
- Finalmente, um agradecimento especial a todas as pessoas que compartilharam minha passagem pelo Instituto de Geociências da Universidade de São Paulo.

Orué A.

Alodia A. de Orué

meus pais

Irma, esposa e mãe de meus filhos
Claudio, Juan Manuel e Eliana Ma.

CAPÍTULO 1 INTRODUÇÃO

1.1. Área de estudo

O território paraguaio acha-se dividido em duas grandes regiões, oriental e ocidental. Todas as referências deste trabalho dizem respeito à parte oriental, perfazendo um total de 159.827 km², e cuja descrição geológica é aqui apresentada.

A área em questão situa-se entre os paralelos 22° e 28° de latitude sul e meridianos 54° e 58° de longitude oeste. Mais especificamente, é delimitada a N pelo rio Apa, a S pelo rio Paraná, a E pelas cordilheiras de Amambay-Mbaracayú e rio Paraná, fazendo fronteira com o Brasil, e a W pelo rio Paraguai (Fig. 1)

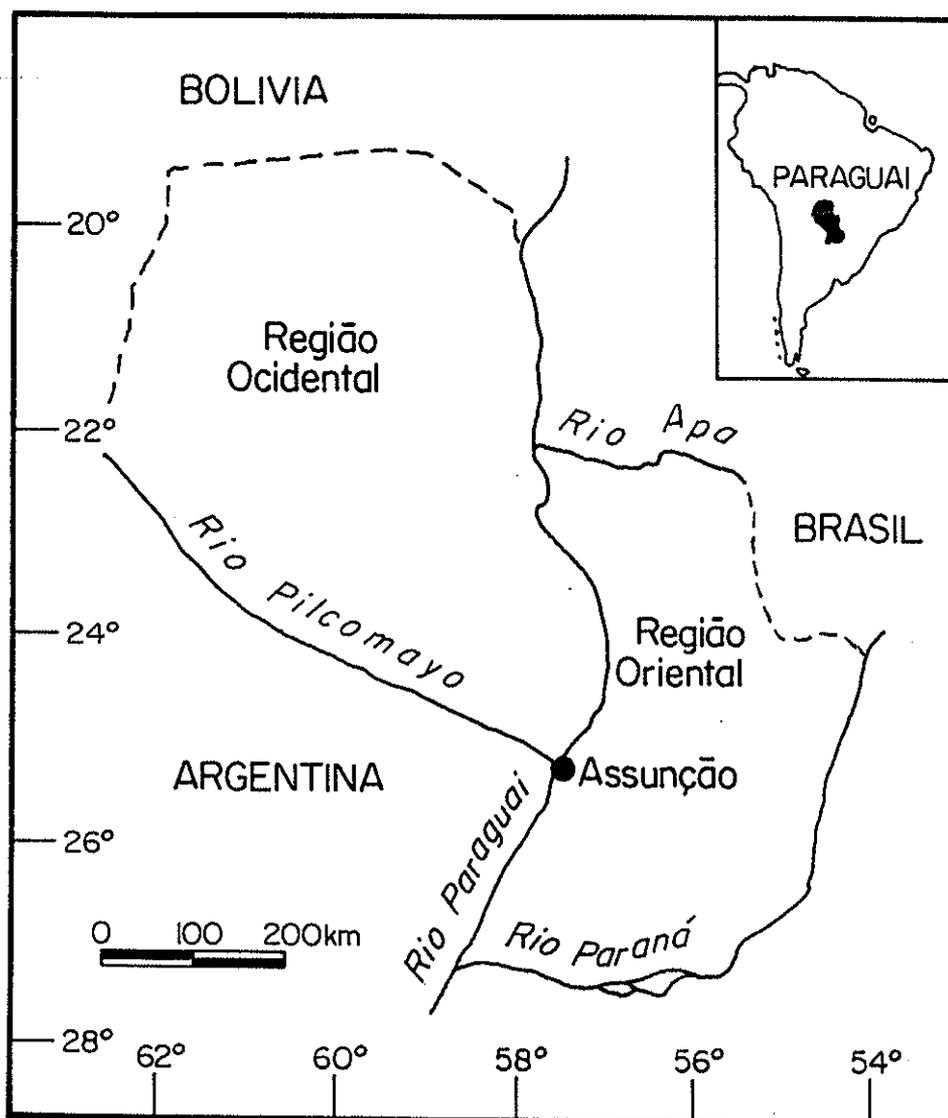


Figura 1 - Mapa de localização da área de trabalho.

Este trabalho é uma tentativa de síntese estratigráfica e tectônica do Paraguai Oriental, baseada fundamentalmente em ampla revisão do conjunto de rochas que compreende a faixa ocidental da Bacia do Paraná, e inclui desde as publicações pioneiras até as mais recentes, ou mesmo inéditas. A área em questão corresponde a uma bacia pericratônica localizada na parte sudeste da América do Sul e que se estende pela porção oriental do Paraguai e sudoeste do Brasil, bem como por regiões do Uruguai e nordeste da Argentina. Geologicamente, ali ocorrem rochas do embasamento pré-cambriano, sedimentares do Paleozóico Inferior, Médio e a seqüência Gondwânica, reunindo sedimentos do Paleozóico Superior e lavas basálticas, além de diques e "sills" de diabásio de idade cretácica. As alcalinas associadas pertencem ao Jurássico Superior-Cretáceo Inferior a Cenozóico e acham-se predominantemente encaixadas em rochas sedimentares paleozóicas (Fig. 2). A

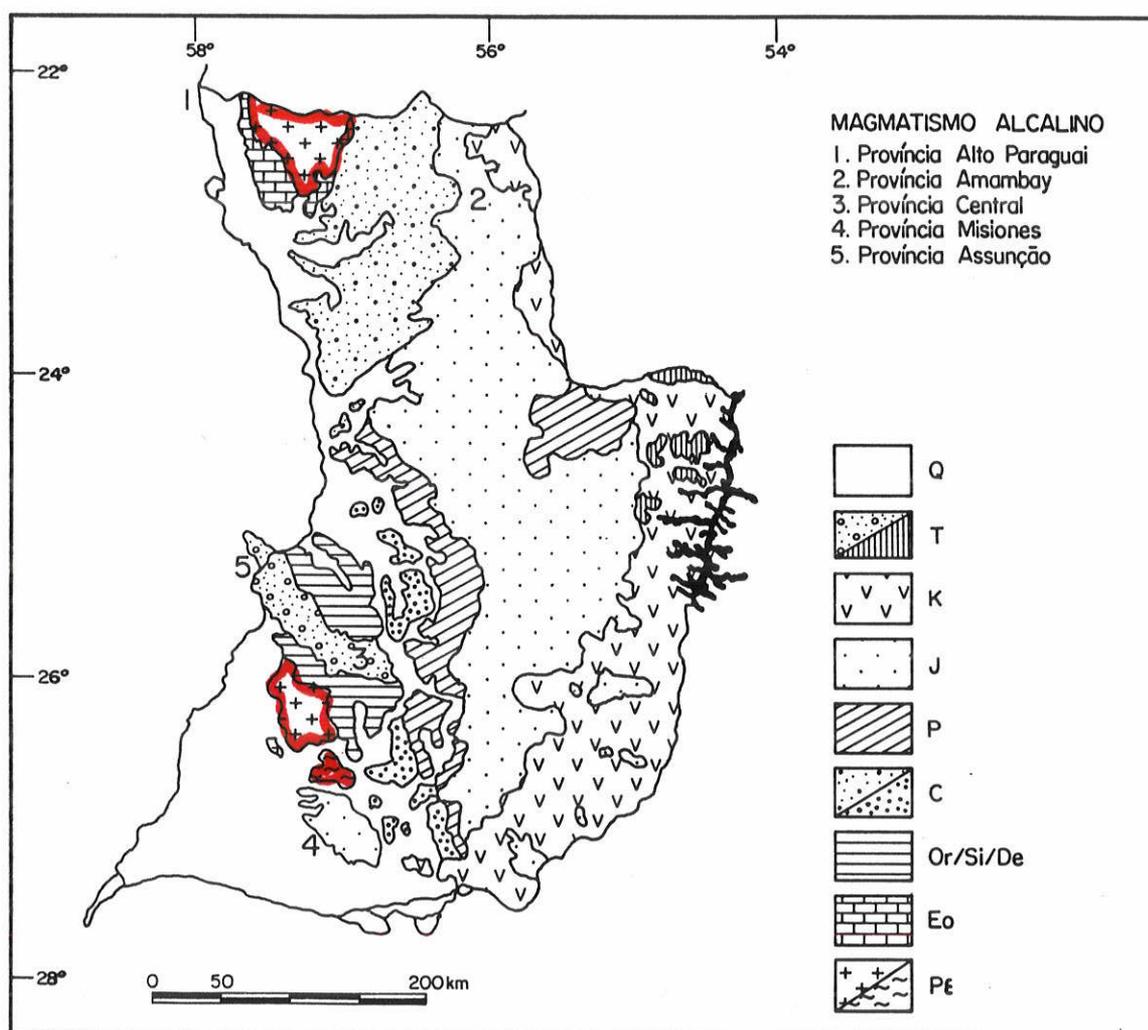


Figura 2 - Mapa geológico esquemático do Paraguai Oriental. Legendas: Q, Quaternário (Grupo Rio Paraguai); T, Terciário (Formação Patifo, Formação Acaray); K, Cretáceo (Formação Alto Paraná); J, Jurássico (Formação Misiones); P, Permiano (Grupo Independencia); C, Carbonífero (Grupo Coronel Oviedo); Or/Si/De, Ordoviciano-Siluriano-Devoniano (Grupo Caacupé, Grupo Itacurubí); Eo, EoCambriano (Grupo Itapucumí); Pe, Pré-cambriano (Sul e Norte).

drenagem principal é representada pelos rios Paraná e Paraguai, ambos correndo em geral para o sul e exibindo traçados retilíneos com trechos sinuosos. O segundo tem como principais afluentes, na região oriental do Paraguai, os rios Apa, Aquidabán, Ypané, Jejuí-Guazú e Tebicuary.

A densidade demográfica da região oriental do país é a mais alta, destacando-se como maiores núcleos populacionais as cidades de Assunção (capital), Ciudad del Leste, Encarnación, Concepción, Pedro Juan Caballero, Coronel Oviedo, Villarrica, Paraguarí, San Pedro, San Ignacio, Pilar e Salto del Guaira (Fig. 3).

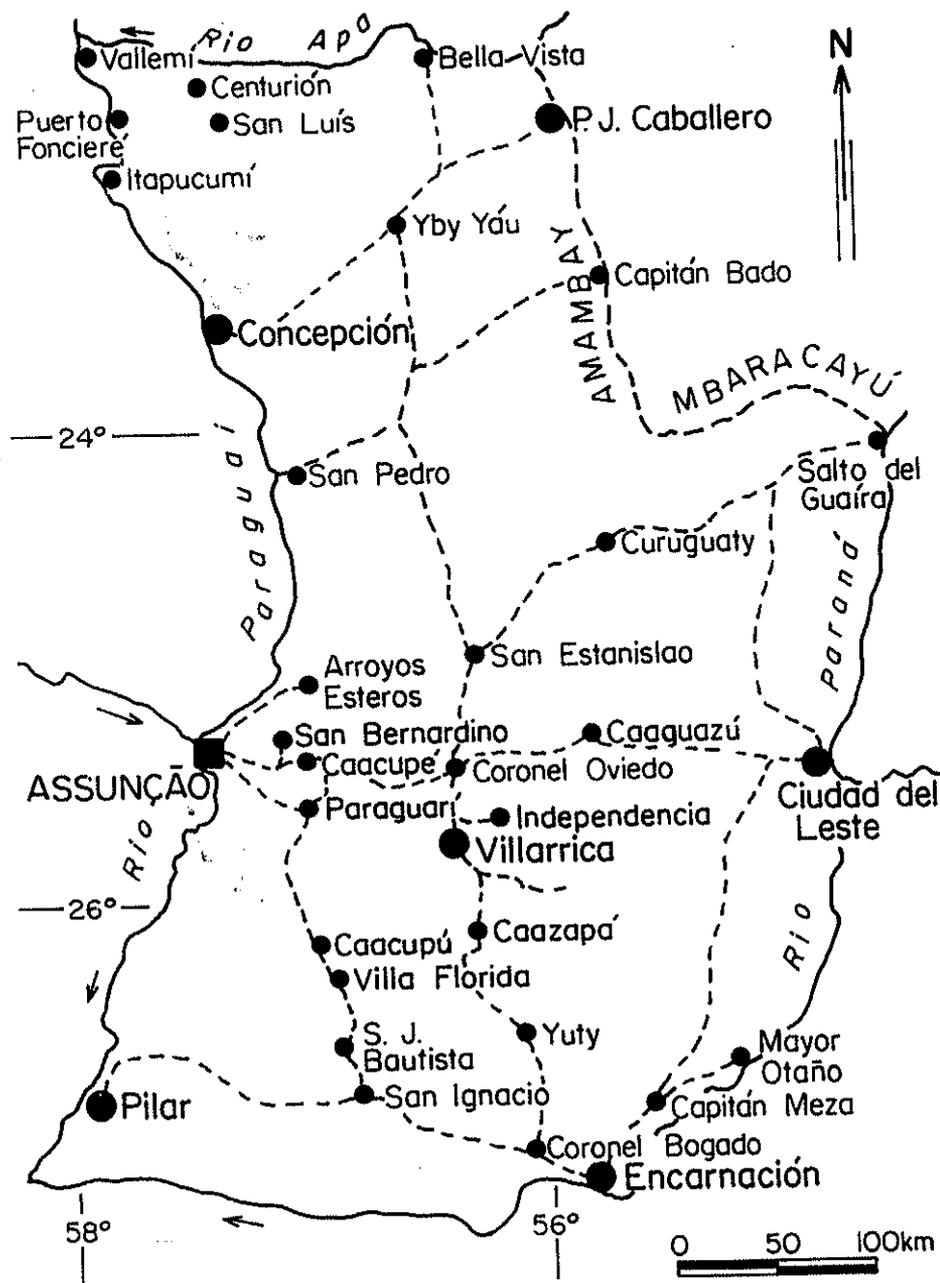


Figura 3 - Toponímia do Paraguai Oriental e vias de acesso.

O relevo é diversificado, encontrando-se grandes planaltos de morfoestruturas simples e complexas, circundados por extensas depressões. Quatro unidades geomorfológicas são individualizadas: Maciço cristalino do Apa (Planalto do Rio Apa e Tebicuary), Colinas sedimentares (Planalto de Amambay-Mbaracayú), Cuesta basáltica (Planalto do Alto Paraná) e Planície aluviais (Planícies dos Rios Paraguai e Paraná). As principais unidades fisiográficas, identificadas pela ocorrência e características morfológicas de seus solos, acham-se representadas por Solos de terras altas, Planície aluvial antiga, Planície aluvial recente e Zona de transição.

Os solos de maior extensão incluem Latossolo Vermelho, Latossolo Vermelho-amarelo, Latossolo Vermelho escuro, Latossolo Roxo, Podzólico Vermelho-amarelo, Laterita Hidromórfica, Planossolo, Grumossol, Pradaria Preta, Litossolo, Laterita, Solos Aluviais e Colúviais, predominando os tipos que exibem condições favoráveis à utilização agrícola (Cuenca del Plata, 1975).

A região citada mostra considerável variação florística, possivelmente influenciada pela vegetação das bacias do Paraguai e Paraná, com as savanas representando o tipo fitoecológico dominante.

1.2. Trabalhos anteriores

A posição geográfica da área, a facilidade de acesso pelo rio Paraguai e os interesses político-econômicos do século XV criaram condições para que diversas expedições colonizadoras interessadas na prospecção de minérios se dirigissem para o centro do continente. Historicamente, no ano 1537, aquele rio já se constituía em via de acesso aos espanhóis rumo ao Peru, tendo servido à expansão territorial até o século XVIII. Posteriormente, a área se transformaria em passagem de exploradores que se deslocavam para a região aurífera do Mato Grosso do Sul.

Após essa fase inicial, a região permaneceu praticamente inexplorada por quase três séculos até que interesses econômicos levaram à realização de novas expedições orientadas para a mineração. Os relatos de Plá (1985) descreveram pesquisas feitas pelo geólogo Federico Feiger e engenheiro Godwin, contratados pelo então Presidente Constitucional Don Carlos Antonio López. O objetivo desses trabalhos prendeu-se à necessidade de obter-se um melhor conhecimento das ocorrências de minério de ferro existentes nas localidades de San Miguel, Caapucú, Qhyqyhó e La Rosada (Ybycuí), com os primeiros dados técnicos datando de 1850. A partir desses relatos, multiplicou-se progressivamente a quantidade de trabalhos publicados sobre o Paraguai, em especial nos últimos anos no âmbito de projeto focalizando o magmatismo alcalino, conduzido em colaboração com a Universidade de São Paulo, e de projetos desenvolvidos pelo Departamento de Desarrollo de Investigaciones daquele país.

Como resultado destes últimos esforços, tem-se hoje uma grande quantidade de informações acumuladas na forma de relatórios internos.

1.2.1. Geologia geral

Um dos trabalhos mais interessantes sobre a geologia do país, reunindo observações regionais de natureza estratigráfica, foi o elaborado por Harrington (1950). Nele, o autor ofereceu um esboço geológico do Paraguai, na escala de 1:5.000.000, e descreveu a distribuição dos afloramentos de forma a interpretar da evolução estratigráfica das bacias paraguaias. Desde então, surgiram dezenas de colunas estratigráficas diferentes, contendo nomes para séries, grupos, formações e membros. Reavaliando as observações de Pöhlmann (1886), Hibschi (1891), Milch (1895), Carnier (1911), Goldschlag (1913), Bertoni (1921) e Boettner (1947) quanto aos principais aspectos geológicos e recursos minerais do país, Eckel (1959) ocupou-se intensamente das principais unidades litoestratigráficas existentes. Adicionalmente, descreveu a petrografia de rochas básicas, ácidas e alcalinas, e apresentou o primeiro esboço metalogenético. Do mesmo modo, Putzer (1962) tratou de estudos geológicos regionais, caracterizando calcários no perfil realizado na pedreira de Vallemí, nas terras da Indústria Nacional de Cimento, e entre San Luís de la Sierra-Puerto Foncière. Neste último trecho, ele definiu a predominância de rochas carbonáticas e clásticas sobrepostas ao embasamento cristalino. Conquanto os trabalhos de geologia regional se constituam em referências mais abrangentes, cumpre ressaltar também o estudo de planificação e desenvolvimento feito na região norte-oriental (Cuenca del Plata, 1975), pela qualidade da investigação na avaliação dos recursos naturais e, mais especificamente, pelo avanço do conhecimento litoestratigráfico, tectônico e mineralógico da região pré-cambriana dos rios Apa e Amambay. Ainda nesse período, mencione-se o grande número de trabalhos, ainda inéditos, sobre a cartografia geológica do Paraguai Oriental conduzido pela empresa americana "The Anschutz Corporation" -TAC (1980,1981), levando a considerável avanço no conhecimento do magmatismo alcalino atingindo a bacia pericratônica do Paraná. Trata-se de contribuição das mais significativas, reunindo relatórios internos da companhia relativos aos anos de 1976 a 1983. O objetivo dessas pesquisas resultou da necessidade de implantação de um programa estratigráfico regional, considerando, por exemplo, a ocorrência de minerais uraníferos (material radioativo associado a rochas ígneas e sedimentares), que se estende por uma superfície de 162.700 km² junto à porção oriental do país, apontando para a existência de 111 áreas anômalas, e contando com enorme acervo de dados na forma de 75 relatórios e 54 mapas. Grande parte dessas áreas corresponde a intrusões conhecidas, enquanto que algumas outras a possíveis corpos alcalinos. Assim, os resultados obtidos ofereceram evidências significativas sobre a distribuição das rochas alcalinas e são tidos como de grande

utilidade do ponto de vista da geologia regional.

Os detalhes sobre as unidades geológicas, as características gerais das rochas e a composição das associações litológicas pré-cambrianas do Alto do Rio Apa (Fig. 4), na porção norte do país, constam dos trabalhos de Hutchison (1979a,b; 1980a,b) abordando as chamadas províncias de Paso Bravo e Alto Centurión. Na mesma região, Willoughby (1979) descreveu com pormenores as seqüências metassedimentares do Grupo San Luís. Pouco depois, Wiens (1986), em programa de reconhecimento, geológico e tectônico, esboçou a estratigrafia do Pré-cambriano Norte (Fig. 11), ao qual denominou de Subcráton do Rio Apa.

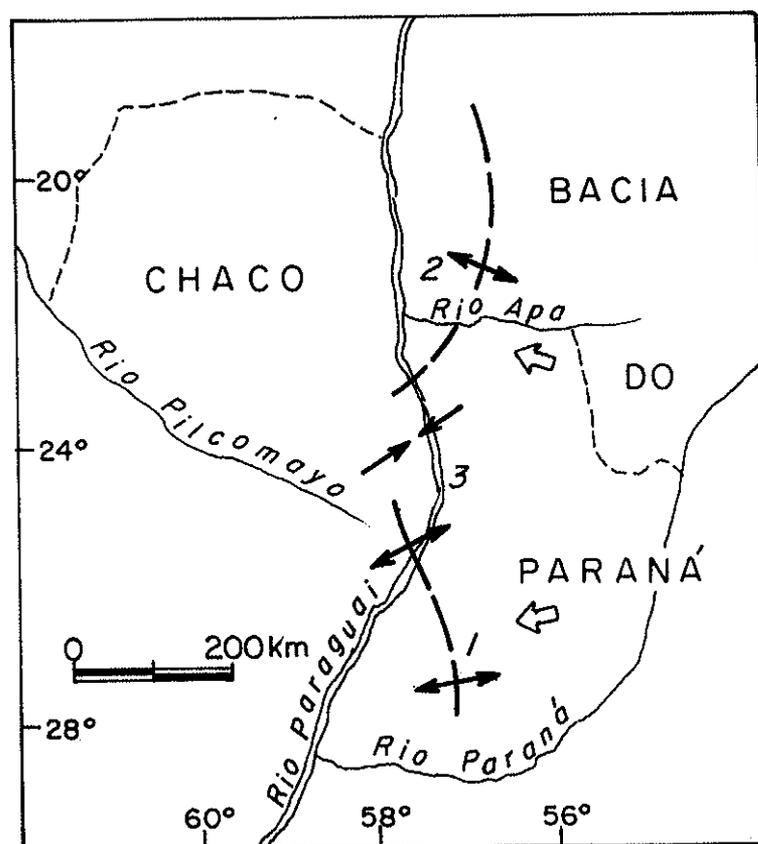


Figura 4 - Tectônica regional da margem ocidental da Bacia do Paraná. Legendas: 1, Alto de Assunção; 2, Alto do Rio Apa; 3, Baixo de San Pedro. Em tracejado, limite das áreas pré-cambrianas; seta maior, limite da plataforma fanerozoica.

Um dos poucos trabalhos existentes sobre o Pré-cambriano Sul é o de Kanzler (1987). Esse autor apresentou uma seqüência organizada das rochas metamórficas, metassedimentares e ígneas aflorantes, com notáveis variações das unidades estratigráficas, a possibilitar a sua subdivisão, junto à localidade de Villa Florida, em três zonas distintas: 1 (Sul), 2 (Centro) e 3 (Norte).

Dentro de um contexto mais geral, as primeiras informações sobre a bioestratigrafia das bacias paleozóicas acham-se reunidas em trabalhos regionais de reconhecimento geológico

superficial. Dentre eles, merecem destaque os estudos paleontológicos de Beder e Windhausen (1918), noticiando a descoberta de fósseis atribuídos ao Devoniano na região de Arroyos Esteros-Cerrò Aparipi. Outra linha de trabalho sobre a qual se apóia a tentativa de ampliar, a partir de análise mais detalhada de critérios paleontológicos, os conhecimentos sobre os problemas bioestratigráficos do Grupo Itacurubí envolveu a correlação cronoestratigráfica dos depósitos silurianos regressivos do Paraguai (Harrington, 1950, 1972; Wolfart, 1961; Ciguel et al., 1987; Ciguel, 1988; Dyck, 1991 e Milani et al., 1993). Harrington (1950) relatou a existência de fósseis Mesosaurus nos sedimentos permianos, atribuindo-lhes idade Carbonífera; em outros depósitos, verificou-se a presença de fósseis vegetais silicificados na Formação San Miguel, o que levou a posicioná-la no Permiano Superior (Hutchison, 1979a, e Proyeto 83/005, 1986).

1.2.2. Geotectônica

A constituição estrutural e as características geotectônicas da região oriental do país indicam distribuição e atitude complexas para as rochas pré-cambrianas, paleo-mesozóicas e terciárias localizadas ao longo das margens cratônicas. Elas são expressivas como manifestação geológica e foram discutidas em várias publicações. Ressalta como elemento estrutural de maior relevância do Paraguai Oriental o sistema de fraturas definido por Harrington (1950) como o gráben de Ypacaraí, ainda que Putzer (1962) a ele tivesse se referido como uma zona de falhas subverticais. DeGraff et al. (1981) confirmaram em parte a idéia de falhas normais orientadas segundo NS, com mergulhos variáveis de 2-5° para W. Apesar dessa caracterização dos domínios estruturais, coube, posteriormente, a DeGraff e Orué (1984) esclarecer a tectônica do Vale de Ypacaraí, dando a denominação de "Rift de Assunção" à primeira grande feição desse relevo.

Dos trabalhos se ocupando da elucidação dos problemas estruturais, o de Thomas (1976), ainda inédito, se constitui em importante contribuição à definição das principais estruturas de direção NW (Altos de Assunção, Rio Apa e Baixo San Pedro) (Fig. 4) e NE (Altos de Ponta Porã, Ygatimí, Caaguazú e Guira) do Paraguai Oriental. Além dos domínios tectônicos mencionados, existem ainda evidências de padrões de tonalidades em mosaicos ERTS indicando a distribuição dos afloramentos superficiais no mapa geológico da Anschutz. A registrar também as pesquisas executadas por essa empresa na região oriental, com o trabalho de Hales (1980) chamando a atenção para a coincidência existente entre os maiores alinhamentos magnéticos e as direções NW-SE e NE-SW das estruturas geológicas regionais.

À luz de interpretações geotectônicas, DeGraff et al. (1981) e DeGraff e Orué (1984) discutiram os levantamentos gravimétricos e magnetométricos realizados nos últimos anos na porção sul-oriental do Paraguai. Infelizmente, outros trabalhos geofísicos efetuados não são

disponíveis, existindo apenas na forma de relatórios internos da Anschutz. O programa de levantamento aeromagnético de detalhe foi implantado por essa empresa com o objetivo de melhor conhecer as condições litoestruturais de subsuperfície e, adicionalmente, de se elaborar um mapa magnético. Nesse sentido, Druecker e Gay (1987) propuseram, a partir de dados magnéticos, a interpretação da geologia da área e a identificação de dois grandes alinhamentos estruturais de direção NW-NE, aos quais se associam diques e falhas. O trabalho representou uma primeira tentativa de avaliação da importância geológica das grandes feições geofísicas registradas nos aerolevamentos e tem como base um conjunto de 60.000 km de linhas de voo, feitos a uma altura de 100 m (magnetometria e radiometria) durante o período de 1976-1983, sobre uma área aproximada de 159.752 km², cujos resultados estão representados simplificadaamente em mapas na escala de 1:1.000.000.

Almeida (1983) procurou agrupar a grande variedade de rochas alcalinas se estendendo por domínios geotectônicos distintos do país numa única província, a do Paraguai Oriental, subdividida geograficamente em duas partes, central e norte. Nesse trabalho, ele enfatizou a relação das manifestações alcalinas da região meridional da Plataforma Sul-Americana com a evolução da Bacia do Paraná, apontando para um condicionamento tectônico associado a feições de considerável extensão geográfica, como arcos, flexuras e zonas de falhas ou "rifts". Uma interpretação posterior (Livieres e Quade, 1987), baseada nos trabalhos de Thomas (1976), Hales (1980) e DeGraff e Orué (1984), reuniu essas ocorrências em três grandes províncias: Alto Paraguai, Amambay e Central (Figs. 2 e 5), todas relacionadas a importantes estruturas antiformais de direção NW-SE e NE-SW (Fig. 4).

1.2.3. Geocronologia

A lamentar que as interpretações estratigráficas, geológicas e evolutivas elaboradas por diversos autores no passado não tivessem contado com o apoio de datações radiométricas, uma vez que os primeiros dados geocronológicos sobre as rochas do Paraguai surgiram apenas com o trabalho de Comte e Hasui (1971). Neste, é feita uma discussão da metodologia empregada e apresentada uma síntese geral sobre os eventos magmáticos e metamórficos existentes.

Informações posteriores acham-se relacionadas a trabalhos de caráter petrográfico e mineralógico, como o de Palmieri e Arribas (1975), investigando as rochas alcalinas de idade mesozóica do complexo de Sapucaí, na Província Central, e às pesquisas efetuadas por Eby e Mariano (1986) nos complexos carbonatíticos do Brasil e Paraguai. Nesta última contribuição visou-se estabelecer a idade das ocorrências alcalinas encontradas na periferia da Bacia do Paraná. Seguiu-se, então, o extenso trabalho de Bitschene (1987), reunindo análises petrográficas, geoquímicas e geocronológicas de rochas alcalinas, de idade cretácica, da área

de Ybytyruzú. Não menos relevantes foram as pesquisas sobre os nefelinitos da Província de Assunção (Bitschene et al., 1985; Bitschene, 1987; Comin-Chiaramonti et al., 1986 e 1991b). Num contexto mais amplo, Velázquez (1992) tratou da petrografia, tectônica e geocronologia da Província Alcalina Central. Segundo esse autor, os eventos crono-magmáticos registram quatro estágios marcantes, com os dados fornecendo um intervalo de tempo de idade variando do Mesozóico ao Cenozóico; o pico de máxima atividade teria ocorrido no Cretáceo Inferior (135-120 Ma). Posteriormente, Velázquez et al. (1993), efetuando trabalho de reconhecimento geológico da Província Alcalina Alto Paraguai, apresentaram dados sobre as ocorrências de rochas intrusivas de afinidade sienítica e caráter variável de saturado a insaturado ali existentes, obtendo para elas idade Permo-Triássica (223-253 Ma). Adicionalmente, a literatura conta ainda com alguns trabalhos isolados, como o de Bitschene e Lippolt (1986), sobre rochas mais antigas. Esses autores individualizaram rochas magmáticas ácidas (granitos, riólitos) sin a pós-cinemáticas do Grupo Caapucú, ocupando a zona central e sudeste do Paraguai Oriental, e relacionadas ao Ciclo Brasileiro.

1.2.4. Magmatismo alcalino

O conhecimento geológico sobre as ocorrências alcalinas paraguaias teve início com os estudos pioneiros de Hibschi (1891), em Cerro Ybytimí, Apitaguá, e de Milch (1895), em Sapucaí (fonolitos) e Cerro Tacumbú (limburgitos). Pöhlmann (1986), Carnier (1911) e Goldschlag (1913) forneceram informações sobre diques sieníticos em Centurión, na região norte do país, e fonolitos em Mbocayaty, na sua porção central. Além disso, descreveram variedades de rochas antigas na região pré-cambriana do rio Apa. Outro trabalho petrográfico de grande revelância foi o de Putzer & Van den Boom (1962), tratando de rochas por eles enquadradas no assim denominado "Grupo Atlântico". Eles citaram a ocorrência de vários afloramentos de rochas plutônicas classificadas como essexitos, shonkinitos, sienitos e foiaítos, bem como ressaltaram a existência de corpos hipoabissais na forma de "sills", diques e "stocks". Ainda são dignos de destaque os trabalhos de caracterização petrográfica no âmbito da Cuenca del Paraná (1975) relacionados com os complexos alcalinos dos Cerros Sarambí, Chiriguelo e Guazú e, da mesma forma, o de Premoli e Velázquez (1981), por ocasião de programa de pesquisa sobre matérias primas radioativas executado em colaboração com a Organização dos Estados Americanos. Na oportunidade, foi aprimorada uma metodologia de trabalho baseada na seleção de áreas de rochas ígneas mostrando maiores possibilidades metalogenéticas. Os resultados definiram regiões apresentando radioatividade significativa, especialmente no complexo de Cerro Chiriguelo (Cerro Corá), associada a rochas carbonatíticas e minerais de pirocloro.

A nível de geologia de detalhe, merece citação o artigo de Palmieri e Arribas (1975) sobre

o complexo de Sapucaí, onde é feita uma integração de idades radiométricas, dados petrográficos e geoquímicos. Considerando as limitações e o caráter preliminar das informações, registre-se ainda a contribuição de Palmieri et al. (1974), promovendo um melhor entendimento da geologia da área Ñe'a-Cerro Sarambí, com os dados divulgados fornecendo uma idéia razoável sobre a idade dos eventos magmáticos que afetaram essa região. Informações igualmente úteis sobre a distribuição e características mineralógicas das rochas alcalinas são encontradas na forma de relatórios internos da Anschutz (p.e. Mariano, 1978), ou ainda, nos trabalhos específicos de Haggerty e Mariano (1983) e Mariano e Druecker (1985) sobre as ocorrências carbonatíticas dos Cerros Chiriguelo, Sarambí e Guazú.

Livieres (1987) e Censi et al. (1989) se ocuparam de estudos sobre o complexo de Cerro Chiriguelo, descrevendo a sua constituição geológica e composição isotópica (C-O), bem como buscando uma melhor caracterização das diferentes fases carbonatíticas que ali teriam se formado. O maciço alcalino de Acahay, na porção centro-oriental do país, foi objeto de exaustivas investigações por Comin-Chiaramonti et al. (1990b), focalizando seus principais aspectos geológicos e geoquímicos, enquanto que o complexo de Sapucaí teve a sua atividade filoniana estudada inicialmente por Gomes et al. (1989) e, logo depois, por Comin-Chiaramonti et al. (1990a; 1991c,d; 1992b). Não obstante os sensíveis avanços registrados no conhecimento das rochas alcalinas aflorando na região do gráben Assunção-Sapucaí, as pesquisas ali efetuadas vêm tendo continuidade (Comin-Chiaramonti et al., 1991a) com vistas a uma melhor definição geoquímica dessa província, de filiação marcadamente potássica.

1.2.5. Magmatismo ultrabásico alcalino

As primeiras referências sobre rochas ultrabásicas no Paraguai foram feitas por Milch (1895) ao descrever limburgitos no Cerro Tacumbú, nas imediações da cidade de Assunção. Na mesma suíte, Stormer et al. (1975) reconheceram vários corpos magmáticos de natureza basáltica ocorrendo na forma de lavas e apresentando composição mineralógica e quimismo característicos de rochas do tipo basanítico. Ao longo dos anos, vários pesquisadores têm se ocupado do tema, destacando-se entre eles Bitschene et al. (1985) e Bitschene (1987), os quais, com base em dados geoquímicos e isotópicos, propuseram o enquadramento dessas ocorrências na Província Terciária de Assunção (Figs. 2 e 5).

Na tentativa de explicar a gênese desse grande número de corpos, Comin-Chiaramonti et al. (1986) investigaram os nódulos mantélicos de natureza espinélio peridotito presentes nessas rochas. Foram pesquisadas várias ocorrências (Cerro Lambaré, Cerro Tacumbú, Ñemby, Nueva Tablada etc.), com os novos dados (Comin-Chiaramonti et al., 1991b; 1993) possibilitando uma melhor caracterização do magmatismo nefelinítico (ankaratrítico) de idade Terciária presente na forma de "plugs, flows" e diques nas circunvizinhanças de Assunção.

1.3. Temática geral e objetivos

Inicialmente foi feita uma análise da literatura disponível sobre a geologia da área, seguida de discussão metodológica reunindo os resultados mais significativos ligados ao estudo, que foi principalmente o programa de mapeamento (regional e detalhado). Numa etapa posterior, procurou-se apresentar os aspectos mais relevantes para os temas em questão, incluindo-se aí o resumo da pesquisa bibliográfica através da integração dos dados geológicos, geofísicos, geocronológicos, petrográficos e geotectônicos, de forma a ter-se uma visão geral do arcabouço geológico do Paraguai e da distribuição dos corpos alcalinos relativamente às principais estruturas tectônicas do país. Este projeto de pesquisa objetiva, em primeiro plano, obter informações mais abrangentes sobre a estratigrafia da porção oriental do Paraguai e, ao mesmo tempo, tenta definir e aprimorar uma metodologia de trabalho sobre o arcabouço geral das alcalinas, a partir de dados disponíveis na literatura ou mesmo encontrados em relatórios internos de companhias de pesquisa. Como tarefas específicas cogita-se da discussão dos seguintes aspectos:

1. *Distribuição das unidades estratigráficas do Paraguai Oriental*
2. *Mapeamento regional das unidades litoestratigráficas*
3. *Caracterização geral das rochas integrantes das seqüências estratigráficas*
4. *Definição, quando possível, das relações estratigráficas e estruturais entre os corpos de rochas alcalinas e rochas adjacentes*
5. *Apresentação e discussão das datações geocronológicas disponíveis*
6. *Análise de mapas e perfis aeromagnéticos, com traçados de elementos estruturais (lineamentos e falhas)*
7. *Análise de mapas gravimétricos visando definir a organização dos blocos (embasamento)*
8. *Controle estrutural das ocorrências alcalinas e suas relações com as encaixantes*

CAPÍTULO 2 METODOLOGIA

2.1. Pesquisa bibliográfica

A metodologia aplicada assume papel singular na revisão bibliográfica dos dados sobre a geologia da região oriental do Paraguai e, especificamente, dos trabalhos relativos às alcalinas em geral no plano estratigráfico. Em função da importância econômica e interesse científico despertado por essas rochas, procurou-se também um instrumento de trabalho que servisse ao mesmo tempo para aumentar os conhecimentos sobre as unidades litoestratigráficas do Paraguai Oriental. Neste contexto, o presente tema de trabalho se insere na linha de pesquisa em desenvolvimento no âmbito do Instituto de Geociências da Universidade de São Paulo. Presentemente, o plano de estudo vem sendo executado junto ao Departamento de Geologia da Faculdade de Ciências Exatas e Naturais da Universidade Nacional de Assunção.

Numa segunda fase, o interesse é dirigido para as investigações de detalhe de cunho eminentemente científico, que permitem situar o presente trabalho em relação a uma listagem mais completa do muito já realizado sobre a geologia do Paraguai. Cumpre sempre lembrar a existência de grande número de pesquisas conduzidas por empresas de mineração e trazendo informações inéditas baseadas em análises fotogeológica, estrutural, geoquímica, geofísica e geocronológica, bem como em dados de sondagem, que mereceram atenção especial com vistas a obter-se uma idéia mais geral e completa sobre a geologia do país, de forma a possibilitar o desenvolvimento futuro de trabalhos de detalhe.

2.2. Trabalhos de campo e mapeamento

Esta metodologia integra-se na seqüência operacional prevista para a primeira fase dos trabalhos, envolvendo levantamento bibliográfico e cartográfico de apoio. Posteriormente à análise do material disponível, seguiu-se a tarefa inicial de fotointerpretação das formas de relevo, com vistas à definição dos principais grupos de unidades morfoestruturais. Como resultado, foram elaborados, na forma de documentos internos, alguns mapas cobrindo áreas diversas do Paraguai.

Os aspectos limitantes impostos pela escala de trabalho e aplicação dos resultados de pesquisa feita com as cartas topográficas disponíveis levaram à elaboração de um tipo de mapa em contraste nítido com aqueles regularmente produzidos a partir de fotos aéreas convencionais. Ele apresenta características particulares não só pela natureza do material, mas também pelo fato de que na área mapeada a representação cartográfica tende a assumir um papel mais fotoidentificativo antes que fotointerpretativo. Geralmente as duas posturas

estão presentes no mesmo mapa, contudo, esse fator limitante passa a adquirir maior importância quando se pretende utilizar princípios metodológicos, uma vez que o desconhecimento do que se vai mapear evita que seja feita uma fotointerpretação baseada em conceito hipotético. Desse modo, a fotointerpretação só é recomendada após a realização de trabalhos preliminares de campo, ensejando uma primeira familiarização com o terreno. Em função da importância da área e das metodologias abordadas, foi possível definir os trabalhos de campo de modo tal que pudessem ser planejados e executados de acordo com os limites de um mapeamento na escala inicial de 1:1.000.000, com transformação na parte interpretativa para 1:250.000. Contudo, dois aspectos importantes devem ser ressaltados. Em primeiro lugar, não se pode esperar que na área em questão o mapa geológico forneça contribuições específicas de um trabalho de campo mais profundo. Em segundo lugar, é inevitável satisfazer-se o nível de conhecimento que se impõe para o mapeamento devido à pequena densidade da rede rodoviária em algumas regiões. Quanto aos trabalhos de campo propriamente ditos, eles contaram nas suas múltiplas etapas com a participação, além do autor, de diversos geólogos: C. Premoli (Organização Internacional de Energia Atômica), R. Livieres (Universidade de Clausthal, Alemanha), A. Kanzler, H.J. Lippolt e P.R. Bitschene (Universidade de Heidelberg, Alemanha), C.B. Gomes, M. Ernesto, V.F. Velázquez e E.G. Ciguel (Universidade de São Paulo), P. Comin-Chiaramonti e A. De Min (Universidade de Trieste, Itália), A. Cundari (Universidade de Nápoles, Itália), E.J. Milani (Petrobrás), M.L. Assine e P.C. Soares (Universidade Federal do Paraná), V. Ramos (Universidade de Buenos Aires), J. DeGraff, A.D. Romero, L.B. Figueredo, C. Figueredo, A.B. Báez, C. Espindola (FACEN-Universidade Nacional de Assunção), O. Ferreiro e M. Urbietta (Petropar), F. Wiens, P. Zarza e D. Walther.

Numa primeira fase, os trabalhos tiveram lugar na porção oriental do Paraguai, com o programa de reconhecimento preliminar de campo sendo feito, na escala 1:1.000.000, a partir de perfis transversais às estruturas regionais. Seleccionadas e delimitadas as áreas, contou-se então com a ajuda de mapas topográficos, nas escalas 1:250.000 e 1:50.000, da Dirección del Servicio Geográfico Militar (DSGM), com imagens de satélites (ERTS e LANDSAT), além de fotografias aéreas na escala 1:60.000. Nesta etapa, as áreas de interesse, à vista da possibilidade de contar-se com a descrição de ocorrências de rochas e de feições estruturais, passaram a ser mapeadas com maior detalhe, na escala 1:20.000. No mapeamento dos corpos alcalinos, procurou-se reconhecer as variações faciológicas e, sistematicamente, proceder-se à coleta de amostras representativas dos diversos tipos petrográficos encontrados para fins de análises de laboratório.

No contexto geral, os mapeamentos até então executados no Paraguai eram esparsos,

pouco sistemáticos, e não cobriam a grande extensão territorial do país. Contudo, é importante frisar que o mapeamento da região oriental, no presente projeto, não foi conduzido com vistas a preencher essa lacuna, mas sim com o propósito de oferecer um quadro geral, onde pesquisas mais detalhadas pudessem servir de referencial mais amplo. Como produto final, buscou-se definir a geologia geral dessa área e o controle estrutural das rochas alcalinas ali aflorantes.

2.3. Levantamento geofísico

A geofísica foi utilizada para a elucidação de problemas estruturais e contou com o emprego de dados gravimétricos, magnetométricos e radiométricos, de forma a melhor ajustar as informações disponíveis à realidade geológica, uma vez que os corpos de rochas apresentam-se cobertos seja por solos residuais deles derivados, seja por sedimentos, tornando, assim, difícil o seu mapeamento. O estudo gravimétrico, efetuado basicamente ao longo das estradas e cobrindo áreas e segmentos de linhas, tem os seus diversos perfis e áreas relacionados a seguir: 1. San Lorenzo até Encarnación; 2. San Lorenzo até Caaguazú; 3. Coronel Oviedo até Mbutuy; 3. Limpio até Arroyos Esteros; 4. San Ignacio até Pilar; 5. Pilar até Itá Pirú (Paso de Patria); 6. Encarnación até Capitán Meza; 7. Coronel Oviedo até Caaguazú; 8. Coronel Oviedo até Yegros; 9. Guarambaé até Guyaratí; 10. San Juan de los Arroyos até Tebicuary-mi; 11. San Patricio até Ayolas; 12. Coronel Bogado até San Cosme y Damian; 13. Coronel Bogado até San Pedro del Paraná; 14. San Juan Bautista (Misiones) até San Juan Bautista del Ñeembucú; Assunção, Santa Rosa de las Misiones, Guyratí-Areguá-Piribebuy, Acahay-La Colmena-Ybycuí, San Salvador-Iturbe-Maciél, Colonia Rincón-Mbocayaty-Yataity.

A elevação dos pontos relativa ao nível do mar foi obtida a partir de cartas topográficas na escala 1:50.000. A precisão é de $\pm 0,5$ m, embora para a maioria dos pontos o nível proporcionado pela Dirección del Servicio Geográfico Militar oferece um valor mais exato, de $\pm 0,00005$ m. Os dados foram coletados a partir de estações primárias dos pontos de nível, estabelecidos pela DSGM no terreno. Ao longo dos perfis, o espaçamento entre as estações primárias apresentou variação apreciável. Por essa razão, foram estabelecidas estações secundárias (estação base-móvel), de modo que para as áreas sem anomalias importantes a distância entre as sucessivas estações, primária e secundária, não fosse maior de 0,5 a 1 km. As elevações das estações secundárias foram determinadas com um microaltímetro (modelo M-1, Paulin), utilizando-se o método de circuitos fechados, com a repetição da leitura dos pontos se dando num certo intervalo de tempo, este não superior a 100 minutos entre as duas bases do circuito. Os dados altimétricos foram corrigidos para o fator deriva, desconsiderando-se, no entanto, as correções para temperatura e pressão atmosférica.

Estima-se que as elevações calculadas para as estações secundárias apresentem uma exatidão de ± 3 m.

As medidas de aceleração da gravidade foram feitas para cada estação, primária ou secundária, com um gravímetro geodésico (modelo Worden, Texas), e tomando-se como base principal as estações 9233-50 e 9523-67 para Assunção e 9102-70 para Encarnación, estabelecidas pela Interamerican Geodesic Survey no edifício do Ministerio de Obras Públicas y Comunicaciones, no velho aeroporto Presidente Stroessner, em Assunção, e na cidade de Encarnación. Além disso, a distribuição das estações de base secundárias foi a mais abrangente possível: San Lorenzo (PN E-1-12), Tres Bocas (PN 53-1), Guazú Cua (PN 53-10), Guyratí (PN 53-15), Limpio (Monumento), Emboscada (Monumento), Ypacaraí (PN E-1-25), Cruce San Bernardino (PN E-1-28), Eusebio Ayala (PN E-1-47), Coronel Oviedo (Monumento), Villarrica (Monumento), Caazapá (PN S2-44), Paraguarí (Monumento), A° Aguai Hy (PN S1-48), Quiindy (PN S1-62), Caapucú (PN S1-79), Villa Florida (PN S1-96), San Ignacio (PN E4-2), San Patricio (PN E4-17), General Delgado (PN E4-37), Coronel Bogado (PN E4-55), General Artigas (PN S2-114), San Pedro del Paraná (PN S2-107), San Pablo (PN E3-9), Santa Elisa (PN E3-27), Colonia San Lorenzo (PN E3-44), San Juan Bautista del Ñeembucú (PN E3-60), Florencia (PN E3-70), Pilar (PN E3-89), Capitán Miranda (PN SW-69), Hohenau (PN SW-53), Capitán Meza (PN SW-9) e Encarnación (9102-70).

As estações gravimétricas foram também medidas empregando-se o método de circuitos cerrados entre as bases, com o tempo transcorrido entre as duas determinações não excedendo a 6 horas. Os dados obtidos numa primeira parte (San Lorenzo-San Bernardino e Limpio-Emboscada) foram corrigidos para os fatores deriva, elevação (aire libre e Bouguer) e latitude, de forma a obter-se a gravidade de Bouguer (gb) para cada estação. Para esse fim, foram realizados cálculos mais precisos na correção da elevação, valendo-se de dados de elevação e de densidade das rochas, estas coletadas em diferentes unidades geológicas da área (DeGraff et al., 1981) com o objetivo de definir o seu peso específico (=densidade em gm/cm^3).

Assim, as rochas pré-silurianas, com densidade em torno de $2,64 \pm 0,01 \text{ gm/cm}^3$, e as pertencentes ao Siluriano mostram um valor médio de $2,39 \pm 0,01 \text{ gm/cm}^3$. Com o auxílio desses valores chegou-se ao da elevação, apresentando precisão de $\pm 0,10$ e $\pm 0,59$ miligales para as estações primárias e secundárias. A correção da latitude foi feita pela Fórmula Internacional de 1930 para a gravidade do esferóide, junto com os valores da latitude para cada estação da carta topográfica da área. As medidas possuem precisão de $\pm 0,00005^\circ$, refletindo um erro de $\pm 0,004$ miligales no valor de gb. Finalmente, combinando-se os erros de latitude, elevação e instrumentação (0,31 miligales) calculou-se o valor de gb $\pm 0,33$ e $\pm 0,67$

miligales para as estações primárias e secundárias.

Estes trabalhos encerraram a primeira etapa de um programa global de estudos e análises de estruturas ocorrendo na forma de "rifts", gráben e falhas normais. Eles tiveram cunho predominantemente geofísico, geológico e geomorfológico, a servir de base para a pesquisa analógica, indispensável no processo de identificação das estruturas. Para atingir-se os demais objetivos, teve início a última etapa dos trabalhos executados, consistindo em 70 dias de atividades de campo, quando então se deu a definição de 800 estações ao longo das estradas mencionadas acima. Não obstante os sensíveis melhoramentos introduzidos, a correção dos dados com o propósito de obter-se níveis de precisão cada vez mais aceitáveis não cessou. Este fato foi de extrema importância para o processo de reavaliação global, que levou à distinção de quatro categorias de estação gravimétrica, refletindo o grau de aperfeiçoamento dos dados finais corrigidos.

A Tabela 1 mostra o número de estações gravimétricas para cada categoria e os dados de precisão (elevação) e gravimétricos.

Tabela 1 - Classificação das estações gravimétricas.

Categoria	Nº de estações	Porcentagem	Precisão da elevação	Precisão final
1	335	38	±0,5 m	±0,10 mgal
2	135	16	±1,0 m	±0,20 mgal
3	360	41	±2,0 - 3,0 m	±0,39 - 10,59 mgal
4	405	variável	variável	
	870	100		

Observações:

Categorias de estações gravimétricas estabelecidas de acordo com o nível de precisão da altimetria: 1. pontos de nível PN da DSGM; 2. pontos eliminados; 3. elevações por altimetria; 4. elevações de precisão variável.

Definidas a metodologia e a qualidade dos dados obtidos, estes foram trabalhados em computador pelo método de inversão linear generalizada 2-D. Como resultado, passou-se a contar com mapas gravimétricos na escala 1:500.000. A análise qualitativa e quantitativa dessas informações e a integração dos dados magnetométricos empregando-se as estações estabelecidas no estudo permitiram não só o aprimoramento da interpretação geofísica, como também uma melhor discussão dos aspectos geológicos. Para cada estação foi feita a determinação do valor do campo magnético total com a ajuda de um magnetômetro de precessão de prótons (modelo G-816, Geometrics), obtendo-se uma precisão instrumental de

± 1 gamma. A precisão do aparelho é mais que suficiente para os objetivos do levantamento, uma vez que a amplitude das anomalias é, em geral, de centenas de gammas. Tanto as estações-bases móveis de cada perfil quanto as várias estações-base intermediárias (E-1-28 San Bernardino) utilizadas durante o levantamento magnetométrico foram ligadas (circuito fechado) a uma estação-base geral localizada na igreja de San Lorenzo.

Já as principais características magnéticas de caráter regional foram tratadas por Hales (1980), fazendo referências aos parâmetros magnéticos para a região norte do Paraguai Oriental e apresentando mapa de contorno magnético anômalo, elaborado a partir de linhas de vôo de direção EW e NS. Os dados obtidos são, em geral, de boa qualidade para latitudes magnéticas baixas. Nesse caso particular, dependendo da natureza das rochas e da direção das linhas de vôo, procedeu-se à avaliação da textura magnética geral, principalmente daquela encontrando manifestação na geologia superficial.

As principais características magnéticas determinadas por Hales (1980) para a região norte do Paraguai Oriental foram: intensidade média do campo, 23,580 gammas; inclinação média, -20° ; declinação média do N verdadeiro, $9^\circ W$.

A disposição das rochas e o contorno geológico foram considerados segundo formas geométricas expressas em feições como diques, falhas, "sills" e contatos. Igualmente se propôs uma interpretação baseada essencialmente em anomalias teóricas feitas por programas de computação para feições geológicas na forma de diques verticais e falhas.

Do ponto de vista operacional, a integração dos dados para a região sul do Paraguai Oriental é responsável pelas seguintes mudanças nos parâmetros magnéticos (cf. Hales, 1980): intensidade média do campo, 23.700 gammas; inclinação média, $-22,5^\circ$; declinação média do N verdadeiro, $7^\circ W$.

Os critérios para a interpretação de anomalias magnéticas na forma de diques, falhas, "sills" e contatos são os mesmos mencionados acima. A avaliação total foi feita a partir de sobrevôos de baixa altitude e de direção EW em relação às unidades estratigráficas. Essas operações destinaram-se a identificar anomalias radiométricas associadas a afloramentos de material radioativo de interesse econômico. É importante assinalar que os dados relativos às operações de campo e os informes colhidos, principalmente nos sobrevôos de baixa altura, foram incorporados ao mapeamento (1:1.000.000) e aos relatórios internos da Anschutz.

2.4. Petrografia microscópica

Os estudos petrográficos das amostras provenientes das diferentes ocorrências sedimentares, magmáticas e metamórficas foram responsáveis pela produção de dados apenas disponíveis em trabalhos inéditos do autor para empresas de mineração, em investigações feitas para fins de publicação científica, ou ainda, em textos destinados à

obtenção de títulos acadêmicos (Mestrado, Doutorado; p.e. R. Livieres, A. Kanzler, P. Zarza e V.F. Velázquez). Adicionalmente, foram separadas amostras de unidades litoestratigráficas amplamente distribuídas para fins de identificação de feições ópticas características de alguns minerais constantes das paragêneses. Os elementos texturais e as composições mineralógicas das diferentes litologias foram determinados com o auxílio dos métodos convencionais descritos na literatura. Assim, para a caracterização petrográfica recorreu-se à técnica da luz transmitida, dispensando-se maior atenção à definição da textura e da mineralogia, inclusive das fases acessórias. Neste contexto, as descrições petrográficas das seqüências litológicas mais representativas foram utilizadas para melhor precisar as variações das unidades de rochas que compõem a estratigrafia do Paraguai. Às informações obtidas, foram também acrescentados outros parâmetros de classificação, como modo de ocorrência das rochas, associação paragenética e feições texturais.

CAPÍTULO 3

ESTRATIGRAFIA DO PARAGUAI ORIENTAL

3.1. Pré-cambriano Sul

3.1.1. Complexo do Rio Tebicuary

3.1.1.1. Generalidades

O relevo do Paraguai Oriental se mostra divergente do ponto de vista morfológico, estrutural e litológico. Assim, encontram-se grandes unidades morfoestruturais complexas, circundadas por extensas depressões. A semelhança das formas de relevo, a altimetria relativa e as características gerais permitiram a Harrington (1950) distinguir quatro grandes unidades fisiográficas: norte, oriental, central e sul. Dentre elas ressalta a meridional, incluindo rochas antigas que afloram ao longo de secção se estendendo na direção NS desde Villa Florida até San Juan Bautista. Ali, autor indentificou, no rio Tebicuary, gnaisses foliados associados a mica xistos, com intercalações finas de quartzitos cloríticos; observou, também, em algumas zonas de exposição restritas à porção ocidental do conjunto, nas vizinhanças de San Miguel, granito-gnaisses, além de gnaisses e mica xistos com intercalações finas de mármore entre a Sierra de Itayurú e San Juan Bautista. Em geral, essas rochas apresentam xistosidade bem desenvolvida, com direção NW-SE e mergulho subvertical a vertical.

Posteriormente, Eckel (1959), dando continuidade ao mapeamento da região, verificou a existência de rochas pré-cambrianas entre as latitudes de Carapeguá e San Juan Bautista. A parte setentrional dessa área de exposição corresponde a pequenos afloramentos de rochas graníticas jovens. Entretanto, rochas metamórficas são encontradas em San Miguel em contato de falha com sedimentos triássicos. Ali, esse autor caracterizou rochas quartzíticas, de cor branca a cinza, com feldspato, muscovita, mica esverdeada, grafita e rutilo; além disso, no trecho entre San Miguel e Villa Florida, descreveu diversos tipos de rochas, como mica xistos e gnaisses, com direção N40°E e mergulho de 30-60° para NW, granitos, pegmatitos, aplitos e ultrabásicas; por vezes, tem-se a presença de talco de cor branca, verde e cinza, cromita e fibras de asbesto.

Putzer (1962), tecendo considerações a respeito do Pré-cambriano Sul, afirmou ser ele constituído de litologias diversas, como paragnaisse, mica xistos, quartzitos e, subordinadamente, filitos e mármore, além de rochas vulcânicas básicas. Mais tarde, Thomas & Associates (1976), efetuando o reconhecimento da mesma área, fez observações sobre o Alto de Assunção, salientando a sua continuidade como uma extensão setentrional do anticlinal do Pré-cambriano Sul, referido como "Pilar Noise Area". Hales (1982), dando continuidade ao programa de mapeamento sistemático da área, e baseado em dados

aeromagnetométricos, conseguiu caracterizar as unidades litológicas típicas do embasamento pré-cambriano aflorante. Destaca-se entre elas a unidade composta de gnaisses e granitos, correspondendo às rochas mais antigas e que se posicionam na porção meridional do complexo metamórfico do Rio Tebicuary.

O projeto PAR 83/005 (1986) estendeu a denominação de Alto de Caapucú para a região cobrindo do NE de Quiindy até SW de San Miguel. Segundo os autores, as rochas mais antigas formam uma seqüência metamórfica afetada por várias fases de deformação, onde ocorrem associados tipos litológicos representados por rochas ultrabásicas serpentizadas e quartzitos, com o conjunto denominado de Complexo do Rio Tebicuary. A ele foi atribuída uma idade Proterozóica Inferior ou mais antiga.

À medida que tiveram início os estudos das unidades superficiais, dados novos sobre o Pré-cambriano Sul foram incorporados (p.e. Kanzler, 1987), levando, assim, à definição da sua geologia em três unidades: Zona 1- Rochas magmáticas ao norte de Villa Florida, Zona 2- Área de fratura ao redor de Villa Florida e Zona 3- Rochas metamórficas ao sul de Villa Florida. Desse modo, a extensão sul, cobrindo de Villa Florida a San Juan Bautista, consiste em terrenos metamórficos aos quais denominou de Zona 3, com litologias formadas de orto e paragnaisses associados a quartzitos, anfíbolitos, talco xistos, meta-aplitos, além de diques riolíticos mais jovens. A esse conjunto de rochas foi atribuída uma idade provavelmente do Proterozóico Médio.

3.1.1.2. Distribuição territorial

O Complexo do Rio Tebicuary (Fig. 5) corresponde a uma faixa contínua, ocupando de forma parcial o centro e totalmente o sul do Alto de Caapucú. Seus afloramentos estão limitados à porção sul, proximidades da cidade de San Juan Bautista, daí se estendendo para norte pela rodovia N°1 Marechal López, no Departamento de Misiones, até Villa Florida. Em geral, acham-se encobertos por sedimentos quaternários, aflorando ocasionalmente em alguns poucos locais ao norte, centro e sul de San Miguel e, mais especificamente, nas imediações de Villa Florida (Fig. 6).

Em seu limite nordeste, nas proximidades dessa última cidade, esta unidade é essencialmente representada por paragnaisses e anfíbolitos; rumo ao centro, tem-se a presença de gnaisses anatectícos. Outros afloramentos, aparecendo na forma de pequenos morros isolados, incluem epidoto-anfíbólio gnaisses e quartzitos; veios de talco e concentrações de opacos (hematita e magnetita) são também citados. Poucos quilômetros a E de San Miguel, principalmente em cortes no leito do arroio San Roque, são encontradas as melhores exposições do complexo, biotita gnaisses homogêneos referidos na literatura como Loma Poty. A margem SE desse arroio é ainda caracterizada pela existência de falha

Era	Período	Época	Idade (Ma)	Litoestratigrafia					
				Complexo	Provincia	Sed.	Grupo e/ou Suíte	Formação e/ou Unidades	Símbolo
Cenozoica	Quaternário	H				Pós rift	Rio Paraguai	Aluviões atuais	Q
		P					Santa Rosa	San Lazaro	
Mesozoica	Terciário		61-39					Patiño	T
			91-145					Assunção	
	Cretáceo			130					D Acaray
								Misiones	
Jurássico								D	
							Central Amambay		Alto Paraná
Triássico								D Arenito pós-alcalino	
							Alto Paraguai		Misiones
Paleozoica	Permiano							D Tacuary S. Miguel	
							Independencia		D
	Carbonífero								D Cnel. Oviedo
	Devoniano								D Arroyos Esteros
	Siluriano								D Isla Pucú
									D Eusebio Ayala
Ordoviciano								D Boquerón	
									D Tobati
Cambriano								D Cerro Jhú Paraguari	
									D
Pré Cambriana	Superior		468					D Caapucú	
			553±20					S.Ramón	C.Redentor
	Médio			576±15					D Itapucumí
				1250±65					
	Inferior			1341					D P.Pindó
								S.Luís	
Arqueano								D V.Florida	
								D Centurión	
				Rio	Rio			D	
				Tebicuary	Apa			D	
						Pε	Pε		
						SUL	NORTE		

Figura 5 - Coluna estratigráfica do Paraguai Oriental.

cortando gnaisses do tipo Eugenia.

3.1.1.3. Posição estratigráfica

O Complexo do Rio Tebicuary corresponde à unidade estratigráfica inferior da coluna geológica da região sul do Paraguai Oriental. Acha-se recoberto discordantemente por rochas metassedimentares e vulcanossedimentares do Grupo Paso Pindo, bem como por sedimentos quaternários e aluviões recentes. O complexo é cortado por rochas magmáticas e metamórficas da Suíte Villa Florida e por corpos de natureza granítica do Grupo Caapucú (Fig. 5).

3.1.1.4. Petrografia

As rochas pertencentes ao Complexo do Rio Tebicuary são essencialmente gnaisses (Fig. 7), que podem ser agrupados, segundo Kanzler (1987), em diferentes tipos:

1. paragneisses - rochas de cor rósea, granulação fina, com leitos centimétricos de quartzo, e tendo como principais minerais: quartzo, microclínio, plagioclásio, biotita e hornblenda; 2. biotita gnaisses (Loma Poty) - rochas de cor avermelhada, granulação fina, com foliação bem desenvolvida, e constituídas de quartzo, microclínio, plagioclásio e biotita; 3. gnaisses (Eugenia) - rochas de coloração cinza claro, as vezes rósea, granulação média, foliada, porfiroblástica (feldspato alcalino), e compostas de quartzo, microclínio, plagioclásio, hornblenda e/ou biotita.

3.1.2. Suíte Villa Florida

3.1.2.1. Generalidades

Harrington (1950), em suas considerações sobre a geologia da área de Villa Florida, descreveu rochas metamórficas foliadas cortadas discordantemente por veios de aplito. A esse conjunto de rochas referiu-se também como correspondendo à porção meridional da Série Cuiabá.

Eckel (1959) observou que esse conjunto apresenta-se estruturalmente falhado ao longo do leito e das margens do rio Tebicuary, onde ocorrem rochas compactas, por vezes fraturadas, de natureza granítica. Neste local, há grande abundância de veios de cor cinza escuro, contendo quartzo, feldspato alcalino e epídoto esverdeado.

Putzer (1962) fez breves comentários sobre rochas metamórficas aflorando ao norte do rio Tebicuary. Por outro lado, Hales (1982), analisando o resultado de perfis aeromagnetométricos do embasamento pré-cambriano da região (Pilar Noise Area), notou um relevo magnético alto, que, muito possivelmente, estaria associado à presença de rochas ultrabásicas (intrusivas ultrabásicas, pós-tectônicas).

O projeto PAR 83/005 (1986) se referiu ao Grupo Villa Florida como sendo constituído por uma seqüência efusiva básica metamorfoseada, com um paleossoma anfíbolítico do Ciclo

Brasiliano, o que dificulta, assim, a interpretação e definição da sua posição estratigráfica.

Como já observado, Kanzler (1987) descreveu a geologia da Zona 2, caracterizada pela presença de rochas magmáticas ácidas (granodioritos associados a granitos e riólitos) e metamórficas (anfíbolitos e, subordinadamente, gnaisses, cálcio-silicatadas, quartzitos, serpentinitos e milonitos). Esse autor individualizou vários corpos de granodioritos (p.e. Granodiorito Matadero), submetidos a intensa atividade tectônica, em especial na área de Villa Florida.

3.1.2.2. Distribuição territorial

A Suíte Villa Florida ocupa uma faixa contínua, de direção NE-SW, cobrindo toda a parte central de Villa Florida. Seus afloramentos têm como limites, ao sul, a estrada Villa Florida-San Miguel e, ao norte, o seu estroncamento com a secundária de Mbopicua. As rochas desta unidade ocorrem em diversos pontos, distribuídos de maneira esparsa, com os melhores afloramentos situados no leito e nas margens do rio Tebicuary (Fig. 6). Elas são compactas, fraturadas, foliadas, com atitude N35°E, 45°SE, e classificadas como anfíbolitos, serpentinitos, mica xistos, mármore, cálcio-silicatadas, cataclasitos, milonitos e quartzitos.

Kanzler (1987) descreveu a ocorrência de afloramentos de rochas ígneas do tipo granodiorito, que podem ser vistos nas vizinhanças de Villa Florida, Fazenda Centu Cué e Mercedes. Ressaltou a intensa atividade tectônica na zona central e observou também a grande abundância de diques graníticos.

3.1.2.3. Posição estratigráfica

As rochas da Suíte Villa Florida acham-se introduzidas no Complexo do Rio Tebicuary e estão cobertas, por discordância do tipo litológico, por sedimentos clásticos do Grupo Paso Pindó, bem como por sedimentos quaternários e aluviões atuais (Fig. 5).

3.1.2.4. Geocronologia

Atualmente, são disponíveis três datações pelo método K/Ar de rochas que ocorrem na zona de fratura de Villa Florida. As determinações foram feitas por Comte e Hasui (1971) K/Ar em anfíbolito e granodiorito, com os valores indicando, respectivamente, idades de 539 ± 30 e 424 ± 25 Ma e 535 ± 30 Ma. Segundo os autores, as idades devem ser tomadas com reservas, uma vez que essas rochas teriam sofrido os efeitos de processo termal ocorrido ao final do Pré-cambriano, que, muito provavelmente, provocou o escape de argônio, levando, dessa forma, à obtenção para elas de uma idade mínima brasileira.

3.1.2.5. Petrografia

Segundo Kanzler (1987) as rochas da Suíte Villa Florida incluem litotipos metamórficos e magmáticos.

Embora não constituam bons afloramentos, as metamórficas estão presentes por toda a

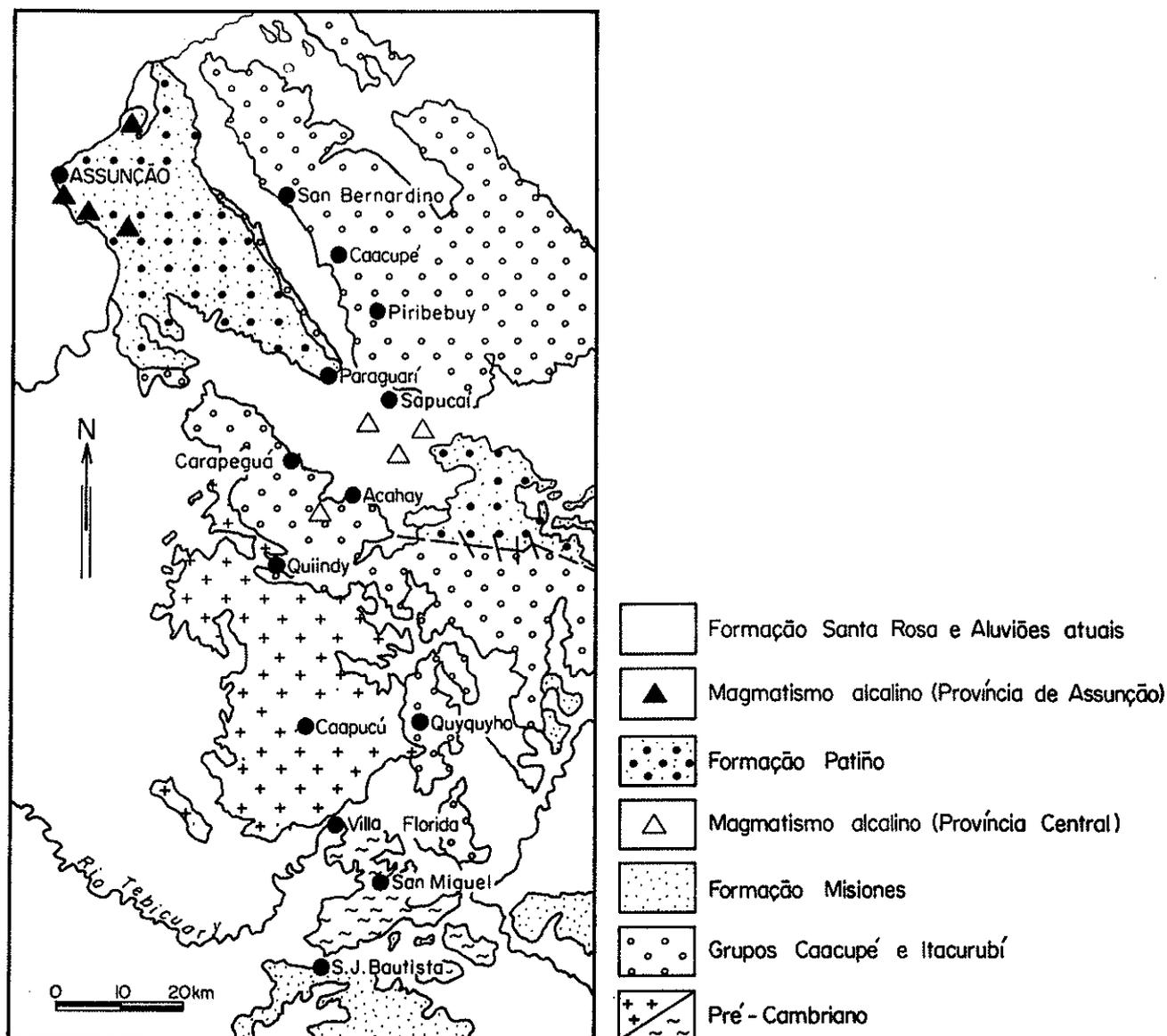


Figura 6 - Geologia do Pré-cambriano Sul no Alto de Assunção.

faixa mapeada (Zona 2), com as melhores exposições encontradas às margens do rio Tebicuary, próximo à cidade de Villa Florida. As rochas são basicamente anfíbolitos e xistos verdes (Fig. 7), que, por vezes, se apresentam totalmente alteradas e desagregadas, sem que seja possível reconhecer-se qualquer feição original.

Anfíbolitos

São rochas de coloração esverdeada, granulação fina a média, fracamente foliadas e constituídas macroscopicamente por bandas de minerais máficos (anfíbólio) e félsicos; em todas as amostras observadas nota-se nítido predomínio da fase ferromagnesiana. Ao microscópio, exibem textura nematoblástica e uma mineralogia marcada pela presença dominante de hornblenda e, em menor proporção, de quartzo. A hornblenda ocorre na forma

<p style="text-align: center;">GRUPO CAAPUCÚ</p> <p style="text-align: center;">Zona 3 Jhú e Barrerito</p> <p>-Intrusiva: Granito</p> <p style="text-align: center;">Casualidad e Charará</p> <p>-Extrusiva: Riólito</p>	<p style="text-align: center;">SUÍTE SAN RAMÓN</p> <p>-Intrusiva: Granitos -Extrusiva: Riólitos</p>
<p style="text-align: center;">CRISTO REDENTOR</p> <p style="text-align: center;">Unidade Vulcanossedimentar</p> <p>-Depósitos vulcano-clásticos, de textura microporfírica e mineralogia alcalina</p>	<p style="text-align: center;">GRUPO ITAPUCUMÍ</p> <p style="text-align: center;">Formação Cambájhopo</p> <p>-Calcários (cinza), oolíticos (esbranquiçados), localmente magnesianos e silicificados</p> <p style="text-align: center;">Formação Vallemí</p> <p>-Folhelhos, arenitos, siltitos, margas, argilitos, calcários e camadas irregulares de chert</p>
<p style="text-align: center;">GRUPO PASO PINDÓ</p> <p style="text-align: center;">Zona 3 Paso Pindó e Casualidad Unidade Vulcanossedimentar</p> <p>-Tufos soldados</p> <p style="text-align: center;">Mercedes Unidade Metassedimentar</p> <p>-Conglomerados arcósianos, folhelhos siltosos, arcósios e arenitos arcósianos</p>	<p style="text-align: center;">CERRO LORITO</p> <p style="text-align: center;">Unidade Metassedimentar</p> <p>Folhelhos verdes e, em menor quantidade, arenitos, conglomerados e milonitos</p>
<p style="text-align: center;">SUÍTE VILLA FLORIDA</p> <p style="text-align: center;">Zona 2 Rochas magmáticas</p> <p>-Granodiorito</p> <p style="text-align: center;">Rochas metamórficas</p> <p>-Mármore e calco-silicatadas</p> <p>-Cataclasitos</p> <p>-Serpentinitos</p> <p>-Episoditos</p> <p>-Xistos verdes</p> <p>-Anfibolitos</p>	<p style="text-align: center;">GRUPO SAN LUÍS</p> <p style="text-align: center;">Unidade Metassedimentar</p> <p>-Meta-arenitos, protomilonitos, quartzo-mica xistos e milonitos</p>
<p style="text-align: center;">COMPLEXO DO RIO TEBICUARY</p> <p style="text-align: center;">Zona 1 Gnaisses</p> <p>-Paragnaisses -Biotita gnaisses -Gnaisses</p>	<p style="text-align: center;">SUÍTE CENTURIÓN</p> <p>-Intrusiva: metagranitos -Extrusiva: quartzo-feldspato pórfiros, riodacitos e riólitos</p> <p style="text-align: center;">COMPLEXO DO RIO APA</p> <p>-Intrusiva: meta biotita granitos, meta muscovita granitos, granitóides e pegmatitos</p> <p>-Máfica: anfibolitos e basanitos</p> <p>-Complexo Metassedimentar - Granitóides: meta-arcósianos, granito-gnaisses, biotita granitos e milonitos</p> <p>-Complexo gnáissico: biotita gnaisses, homblenda gnaisses, biotita-homblenda gnaisses e granito-gnaisses</p>

Figura 7 - Principais tipos litológicos das áreas pré-cambrianas.

de cristais prismáticos, com o pleocroísmo variando de verde intenso a verde-amarelado; quartzo é invariavelmente xenoblástico. Como acessórios reconhecem-se zircão, clorita e opacos.

Xistos verdes

Sem exibir variações marcantes quanto à mineralogia, essas rochas possuem aspecto maciço, xistosidade bem desenvolvida, granulação fina e coloração cinzenta a esverdeada. No campo, estão comumente alteradas, quando então adquirem coloração amarelo-esverdeada. Ao microscópio, a textura é mais granoblástica nas partes ricas em quartzo, e nematoblástica como resultado da maior concentração de hornblenda. A mineralogia tem como fases dominantes quartzo, plagioclásio, epídoto e hornblenda; adicionalmente, aparece clorita na forma de lamelas verdes, às vezes com aspecto fibrorradiado, mostrando pleocroísmo na mesma tonalidade de cor. Como constituintes menores citam-se titanita, apatita, biotita e, ocasionalmente, zircão e opacos.

Epidositos

Os epidositos são rochas de cor cinza claro, granulação fina e enriquecidas em epídoto. Ao microscópio, a textura é marcadamente granoblástica. Do ponto de vista mineralógico, apresentam notáveis heterogeneidades, reunindo essencialmente epídoto e, em menor quantidade, quartzo, clorita, zircão e plagioclásio. Epídoto ocorre na forma de agregados de cristais subidioblásticos a xenoblásticos, enquanto que clorita está presente como pequenas lamelas, dispostas entre os demais grãos; quartzo também ocorre como fase intersticial.

Serpentinitos

Estas rochas são encontradas na forma de pequenos diques, cuja largura máxima alcança 10 m, nas terras da Fazenda Ramos. Até o momento, reconhece-se apenas essa área de ocorrência. Macroscopicamente, exibem cor esverdeada e grande variação na granulação, com megacristais de serpentina alcançando até 2 cm de tamanho. Ao microscópio, a mineralogia se mostra constituída basicamente de cristais fibrosos de serpentina (antigorita e crisotila) e anfibólio, este sendo parcial ou completamente substituído pelo primeiro. Como constituintes menores foram identificados opacos e clorita intersticial, representando o produto de alteração dos minerais máficos primários.

Cálcio-silicatadas

São rochas de cor cinza claro, granulação média a grossa e foliação conspícua. Ao microscópio, revelam uma mineralogia dominada por silicatos de cálcio e magnésio: diopsídio, wollastonita, granada grossulária e epídoto; acidentalmente, aparece zircão. Em geral, as amostras exibem estrutura bandada e orientada, esta em decorrência do arranjo dos cristais prismáticos de wollastonita.

Cataclasitos

Cataclasitos estão presentes em zonas de falha da região, exibindo estrutura maciça e textura cataclástica típica. A mineralogia é comum às rochas graníticas, predominando quartzo, feldspato alcalino e argilo-minerais. Ao microscópio, identifica-se também plagioclásio, além de clorita e epídoto preenchendo pequenas fraturas.

As rochas magmáticas da área de Villa Florida se resumem a pequenos corpos, invariavelmente cobertos por sedimentos quaternários, que afloram nas margens do rio Tebicuary, e citados na literatura como Granodiorito da localidade de Matadero.

Essas rochas possuem coloração cinza claro a escuro, granulação grossa e caráter porfiróide dado pela presença de cristais centimétricos de feldspato alcalino. Microscopicamente, verifica-se ser o feldspato um microclínio, representando, juntamente com o quartzo, os principais constituintes. Além disso, reconhece-se plagioclásio e como fases máficas, hornblenda, na forma de cristais xenomórficos, e biotita, como lamelas pleocróicas em geral alteradas perifericamente para clorita.

3.1.3. Grupo Paso Pindó

3.1.3.1. Generalidades

A 6 km a NW de Villa Florida, Eckel (1959) descreveu depósitos de cobre em Paso Pindó associados a corpos de arenitos arcóianos intercalados com folhelhos, de 50 a 100 m de espessura, e ígneas do tipo granítico e aplítico. Os folhelhos apresentam-se compactos, foliados, e formam estratos finos, centimétricos. As relações da seqüência sedimentar com as demais litologias são desconhecidas, com as rochas graníticas provavelmente representando a unidade mais nova.

Hales (1982) chamou de "Pilar Noise Area" a ocorrência de rochas pré-cambrianas caracterizada como MS, e constituídas por metassedimentos e folhelhos.

Para o projeto PAR 83/005 (1986) trata-se de uma seqüência de sedimentos heterogêneos, pouco deformados, com pequena variação de espessura, e compostos predominantemente de conglomerado basal, com presença subordinada de meta-arenitos e meta-argilitos. As analogias litológicas com os afloramentos de meta-argilitos da Série Escobar, em Paraguarí, são evidentes, o que levou a englobar essas rochas no Grupo Paso Pindó. Quanto à idade, elas foram posicionadas no Proterozóico Médio.

O projeto PAR 86/003 (1986) descreveu ainda a ocorrência, restrita, de rochas de coloração cinza escuro, à semelhança daquelas encontradas na região de Paraguarí-Escobar-Sapucaí, bem como na estrada da Fazenda Paso Pindó. Saliou o seu caráter piroclástico, classificando-as como tufos vulcânicos, devido ao conteúdo de vidro na forma de cinza volante.

Logo depois, Kanzler (1987), se referindo à mesma região, percorreu de forma mais abrangente sobre a geologia da zona de fratura ao redor de Villa Florida (Zona 2), onde ocorrem associados metassedimentos e rochas magmáticas. Os primeiros, aflorando na parte oriental do complexo de Villa Florida, consistem em conglomerados de baixo grau de metamorfismo, arenitos e siltitos. Além disso, ressaltou a correlação desses metassedimentos com a Série Escobar de Paraguari (Karpoff, 1965), com a Série San Luis do "Rio Apa Highland" (Putzer, 1962) e com a Formação Urucum do Mato Grosso do Sul (cf. Projeto RadamBrasil, 1982). O grupo acha-se sobreposto discordantemente sobre o embasamento.

3.1.3.2. Distribuição territorial

Na região do Pré-cambriano Sul (Fig. 6), a ocorrência desta unidade é muito limitada, restringindo-se principalmente à parte noroeste de Villa Florida, onde aflora nas imediações do arroio Paso Pindó. Neste local, a área coberta pelos metassedimentos é de aproximadamente 25 km². Ao sul daquela localidade, ocorrem exposições dos termos inferior e médio da seqüência, ao longo da estrada que liga a Fazenda Mercedes a Paso Pindó. Nesta estrada, pouco antes do rio Tebicuary, aparece uma seqüência constituída por conglomerados e arenitos arcóianos, arcósios e folhelhos com estratificação plano-paralela a cruzada. Os afloramentos mais significativos, correspondendo a conglomerados capeados por folhelhos silticos com estratificação laminar, foram observados nas proximidades de Charará e Paso Lima. Outras ocorrências conhecidas são as do pátio da Fazenda Mercedes e a nordeste de Villa Florida, em frente à estrada da Fazenda Paso Pindó. Aqui, nota-se uma predominância de rochas piroclásticas, de cor cinza escuro, que passa a amarelo com a alteração intempérica. Na variante que liga Mbopicua e Yere, a 3 km do entroncamento da Fazenda Casualidad, verifica-se também a presença de material piroclástico, tufos soldados, maciços, por vezes friáveis nas partes mais alteradas, e de cor cinza escuro.

3.1.3.3. Posição estratigráfica

O Grupo Paso Pindó acha-se sobreposto, discordantemente, em relação ao Complexo do Rio Tebicuary e à Suíte Villa Florida; é parcialmente recoberto, por discordância litológica, por rochas vulcanossedimentares do Cristo Redentor (Fig. 5). Exibe também, ainda que localmente, contato tectônico com a Suíte Villa Florida.

3.1.3.4. Petrografia

Como mencionado, a ocorrência desta unidade é muito restrita, circunscrevendo-se à porção norte de Villa Florida, com as melhores exposições encontradas nas imediações das Fazendas Mercedes e Casualidad.

As rochas pertencentes a este grupo foram agrupadas em duas seqüências: a inferior, formada de metassedimentos, e referida como Mercedes; a superior, representada por rochas

vulcanossedimentares, e incluídas como Paso Pindó e Casualidad (Fig. 7).

Metassedimentos

Trata-se de rochas de baixo grau de metamorfismo, conglomerados e arenitos arcósiolos, arcósiolos e folhelhos siltosos, de granulação média a grossa, com predominância da primeira, mostrando estratificação nos termos mais arenosos. Nos pacotes maiores, com 5 a 10 m de espessura, a estrutura visível é do tipo plano-paralela a cruzada. A cor rosada a marron é característica constante nos afloramentos. Mineralogicamente, quartzo e feldspato caolinitizado são as fases mais abundantes nos níveis arenosos. Nos conglomeráticos, seixos polimíticos, predominantemente esféricos e com diâmetro variável de poucos milímetros a 5 cm, acham-se imersos em matriz fina de natureza quartzo-argilosa. A fração clástica tem quartzito e granito como litologias mais comuns.

Vulcanossedimentares

Estas rochas estão representadas por tufos soldados, de cor cinza claro a escuro, granulação fina, e contendo por vezes fragmentos de rochas, estratificadas e com microdobras. O acamamento apresenta alternância de leitos de granulação fina (tufos) e grossa, estes de composição heterogênea. Ao microscópio, as amostras revelam a presença de uma fração de granulação muito fina (tufos), essencialmente silicosa, e, em menor proporção, de grãos clásticos de quartzo exibindo dimensões milimétricas, de nódulos de material máfico e de lamelas de clorita e serpentina. Por outro lado, essas rochas mostram também lâminas claras, de granulação fina, alternadas com níveis de grãos clásticos formados de quartzo, feldspato, epidoto, serpentina, clorita e, mais raramente, zircão. A matriz, em geral félsica, é composta de microcristais de quartzo, aparecendo ainda quantidades elevadas de sericita em minúsculas escamas, como resultado da devitrificação do material vulcânico. Embora os leitos de granulação mais grossa reúnam fragmentos de rochas e de minerais como quartzo, feldspato, epidoto e clorita, ocasionalmente, também estão presentes serpentina, zircão e granada.

3.1.4. Unidade vulcanossedimentar do Cristo Redentor

3.1.4.1. Generalidades

As primeiras observações a respeito das rochas deste grupo são devidas a Harrington (1950), que relatou a ocorrência de arenitos argilosos e folhelhos na base ocidental do Cerro Jhú. Os arenitos encontrados possuem coloração cinza-esverdeado, aspecto sujo, grande abundância de material argiloso e as camadas se mostram dobradas nas proximidades de fraturas, com mergulho para W. Já os folhelhos exibem coloração esverdeada, aspecto vítreo e estratificação laminar. Aquele autor interpretou o ambiente de formação dessas rochas como sendo de natureza flúvio-glacial, visto conterem seixos de granito rosado atingindo até

30 cm de diâmetro, e atribuiu a sua origem a processos de deposição por dissolução do gelo flutuante.

Eckel (1959) descreveu a ocorrência de corpos ígneos (pórfiros), com relevo de pouca expressão topográfica, na estrada que liga Ypacaraí a Pirayú. Ressaltou o seu caráter intrusivo, responsável pela formação de brechas nas encaixantes sedimentares (folhelhos, siltitos e arenitos de coloração escura a marrom), bem como de aureólas de metamorfismo de contato, estas propiciando o desenvolvimento de rochas de cor escura e muito maciças.

Putzer (1962) citou a ocorrência de rochas metamórficas alteradas aproximadamente a 4 km a W da cidade de Paraguari, na base ocidental do morro do Cristo Redentor, constituídas por metassedimentos com estratificação fina, em que se incluem estratos de quartzito claro com direção N45°E e mergulho 80°S. Além disso, citou a presença de blocos de rochas metassedimentares associados a "stocks" de Essexito no local denominado Soto-Cañete.

Logo depois, Karpoff (1965), trabalhando na mesma área, descreveu a ocorrência de xistos dobrados de coloração avermelhada e meta-arenitos de granulação fina, com mais ou menos 700 m de espessura, entre as localidades de Escobar e Sapucaí. Segundo o autor, essas rochas são de natureza glacial e contêm estratos com seixos estriados, por ele reunidos em uma nova unidade referida como Série Escobar, à qual foi atribuída idade Pré-cambriana Superior ou EoCambriana.

Mariano (1978) descreveu detalhadamente sedimentos clásticos aflorando no morro do Cristo Redentor, destacando a ocorrência de arenitos de granulação fina formados por uma mistura detrítica de quartzo e feldspato, este último por vezes alterado a minerais argilosos e sericita. Ao microscópio, e empregando também a técnica da catodoluminescência, identificou diversas fases como apatita, clinocloro, ilmenita, rutilo, epidoto, além da presença de feldspato alcalino (ortoclásio micropertítico) e plagioclásio (oligoclásio).

3.1.4.2. Distribuição territorial

As rochas desta unidade ocorrem na parte central do Paraguai Oriental, concentrando-se principalmente a NE da cidade de Paraguari (Fig. 3) e na base da pendente que corresponde à margem oriental do Vale de Ypacaraí. Mais especificamente na porção meridional dessa área principal, aflora um conjunto de rochas vulcanossedimentares mostrando configuração na forma aproximada de um triângulo com os vértices situados nas bases dos morros do Cristo Redentor, Mbatoví e Santo Tomás. Para norte, os afloramentos desaparecem sob a cobertura dos sedimentos basais do Ordoviciano. As melhores exposições dessas rochas são encontradas nas rodovias Paraguari-Piribebuy e Escobar-Sapucaí. Na primeira, a 6 km de Paraguari em direção a Piribebuy, depois de ultrapassados os fanglomerados da Formação Patiño, tem-se no corte da estrada o primeiro afloramento de rochas vulcanossedimentares,

dobradas, com direção N40°E e mergulho 80°SE. Em geral, são intemperizadas, com coloração vermelha a amarelo-avermelhada, e mesmo raros os afloramentos em que se apresentam com as características originais preservadas, ocasião em que assumem cor variando de verde a cinza. Por outro lado, na margem ocidental do Vale de Ypacaraí, a 4,5 km a SE da cidade homônima, aparecem alguns corpos de pórfiros, que se acredita sejam responsáveis por variações locais no grau de metamorfismo das rochas encaixantes sedimentares, transformadas em hornfels brechados, com laminação reliquiar.

3.1.4.3. Posição estratigráfica

As rochas vulcanossedimentares distribuem-se de modo irregular na região centro-oriental do Alto de Assunção, porém, considerou-se a unidade que cobre o flanco oriental do Vale de Ypacaraí como sendo análoga àquelas sobrepostas ao embasamento cristalino que aparecem em outras áreas. As rochas vulcanossedimentares são introduzidas por uma fase riolítica, com o desenvolvimento de ação térmica. O contato inferior dessa unidade com o Grupo Paso Pindó não foi observado, enquanto que o superior, com a Formação Paraguari do Grupo Caacupé, se dá por discordância, esta evidenciada por diferenças litológicas e aspectos estruturais. Determinações K/Ar feitas para as rochas vulcanossedimentares forneceram valor de 468 Ma, indicando, assim, uma idade Ordoviciano Inferior para elas (cf. De Min, 1993). Embora neste trabalho seja considerada de idade mais antiga pelo fato de exibir contacto de natureza intrusiva com a fase ácida do Grupo Caapucú (Fig. 5).

3.1.4.4. Petrografia

As rochas aqui consideradas, correspondendo a uma seqüência de algumas centenas de metros de espessura, são formadas essencialmente por material vulcano-clástico associado a metamórficas de contato (Fig. 7).

Vulcanossedimentares

Quando frescas, são rochas de coloração verde a cinza escuro, maciças, exibindo textura afanítica e acamamento conspícuo realçado pela presença de microdobras. Ao microscópio, a textura é porfírica e de natureza holocristalina, enquanto que a mineralogia tem feldspato alcalino, plagioclásio e quartzo detrítico como fases dominantes; em menor quantidade, aparecem clorita e epidoto, enquanto que os acessórios incluem apatita, titanita e opacos.

Os microfenocristais de feldspato alcalino são límpidos, de hábito prismático longo, e ocorrem como cristais idiomórficos a subidiomórficos. Geminação é rara e, quando presente, do tipo Carlsbad. Em alguns grãos foi possível observar-se textura em coroa, com as bordas dos cristais formadas de finas lamelas de clorita. Os plagioclásios possuem natureza sódica (andesina-oligoclásio) e estão presentes como grãos xenomórficos. Em geral, os cristais se mostram geminados segundo a lei da albita, adquirindo às vezes aspecto sujo devido à

transformação em sericita. Quartzo ocorre como cristais xenomórficos, ou ainda, como grãos arredondados a subarredondados disseminados na matriz leucocrática. Clorita aparece na forma de agregados de pequenas lamelas finas, alongadas e incolores, ou como grãos xenomórficos preenchendo os espaços intersticiais deixados pelos cristais máficos; além disso, forma coroas em torno dos cristais de feldspato. A matriz reúne praticamente os mesmos minerais acima, tendo como fases mais abundantes feldspato alcalino e quartzo; em menor proporção tem-se plagioclásio.

Hornfelses

São rochas maciças, afaníticas, de coloração cinza escuro, exibindo acamamento conspicuo e, por vezes, dobramento. Ao microscópio, a textura é granoblástica, com a mineralogia composta essencialmente de quartzo, feldspato alcalino e sericita; na matriz reconhece-se ainda plagioclásio, além de opacos e epídoto.

3.1.5. Grupo Caapucú

3.1.5.1. Generalidades

As rochas desta unidade foram primeiramente mencionadas na literatura geológica por Harrington (1950), que relatou de forma breve a sua ocorrência na região entre Quiindy e o rio Tebicuary. Ali, ele reconheceu a presença de rochas do tipo granítico e pórfiros, de idade mais nova que a das metamórficas associadas. Os granitos são rochas homogêneas, de cor rósea, com ampla variação textural e ricas em biotita; já os pórfiros possuem cor rósea a cinza e textura porfírica, com fenocristais de quartzo e ortoclásio imersos numa massa fina. Descreveu, ainda, rochas pré-cambrianas na localidade de San Bernardino, um granito sintectônico, de coloração rósea a cinza, granulação fina a média, textura "schlieren", e exibindo evidências de ação de contato com os sedimentos conglomeráticos sobrepostos.

Eckel (1959) descreveu rochas magmáticas aflorando extensivamente na porção setentrional do Pré-cambriano Sul, entre as cidades de Caapucú, Quiindy, Quyquyhó, além de pequenos corpos na forma de morros junto à margem oriental do rio Paraguai, com os principais tipos litológicos representados por granitos, variedades de pórfiros, aplitos e pegmatitos. Elas também ocorrem de forma expressiva na parte norte da cidade de San Bernardino, continuando pela porção oriental do Lago de Ypacaraí, para o que chamou de grande ocorrência da Área Central. Nessa mesma região de exposições, destaca-se uma pedreira localizada na metade da estrada entre Ypacaraí e Pirayú, onde aparecem pequenos morrotes isolados constituídos de intrusões de pórfiros contendo xenólitos de metassedimentos das encaixantes, bem como folhelhos, siltitos e arenitos localmente brechados.

Putzer (1962) mencionou a existência de pórfiros portadores de quartzo e feldspato, com

pelo menos 50 m de espessura, sobrepostos a rochas pré-cambrianas mais antigas em terrenos do Alto do Assunção, nas imediações do rio Tebicuary, arroio Mbuyapey, Villa Florida e porção sul de Quiindy. Nesses locais, o autor identificou um corpo batolítico composto de biotita-hornblenda granitos e pórfiros.

Hales (1982) fez referência a variações litológicas do embasamento cristalino, onde distinguiu rochas intrusivas (pós-tectônicas), correspondentes à unidade Granito para o Grupo Caapucú, exibindo características que permitem associá-las às unidades mais a norte da área denominada "Pilar Noise Area".

Posteriormente, Bitschene e Lippolt (1986), reavaliando as observações sobre o embasamento cristalino da parte sul-oriental do Paraguai, procuraram chamar a atenção para o caráter diversificado, intrusivo e extrusivo, do magmatismo a ele associado. A fase intrusiva é representada por granitos sin a pós-cinemáticos, em que é possível distinguir-se duas suítes, biotita granitos e muscovita granitos de San Bernardino e rochas graníticas (granitos, aplitos e granitóides) da região de Caapucú. A fase efusiva consiste em pórfiros riolíticos contendo xenólitos brechados de metassedimentos do Vale de Ypacaraí e riólitos, por vezes com textura ignimbrítica, da pedreira de Caapucú.

O projeto PAR 83/005 (1986) atribuiu ao Grupo Caapucú uma extensa atividade magmática reunindo rochas graníticas de variados tipos, que foram posicionadas no Proterozóico Superior ao Cambriano Inferior.

Kanzler (1987) incluiu as rochas magmáticas ao norte de Villa Florida na chamada Zona 3, onde reconheceu a existência de granitos, aplitos, granitos pórfiros e riólitos. O autor propôs ainda o enquadramento das rochas graníticas em dois grupos, Granito Jhú e Granito Barrerito. De forma análoga, distinguiu dois tipos de riólitos, Casualidad e Charará. A idade preliminar assumida para essas rochas permite colocá-las no limite do Pré-cambriano/Cambriano.

Posteriormente, Báez Presser (1992), ao efetuar o mapeamento geológico da Folha 5569-III-La Colmena, fez referência à existência de um corpo granítico semelhante ao da região de Villa Florida. A sua ocorrência é, no entanto, limitada, restringindo-se a algumas exposições na base da serra de Cordillerita distante aproximadamente 2 km a S da cidade de La Colmena. Neste local, além de ressaltar o caráter ácido das rochas, distinguiu dois tipos de material, a fácies intrusiva representada por um granito rosado e a extrusiva por um riólito de cor vermelha a rósea, sugerindo, ainda, a sua correlação com o Grupo Caapucú.

3.1.5.2. Distribuição territorial

As rochas do Grupo Caapucú cobrem faixa mais ou menos contínua, com cerca de 45 km de extensão e largura variável, estendendo-se no sentido NS e ocupando cotas altimétricas inferiores a 300 m (Cerro de la Virgen). Ao sul, tem como limite as terras da Fazenda Paso

Pindó, na porção meridional do arroio Yaguary, e, ao norte, as proximidades de Quiindy (Fig. 6).

Kanzler (1987), em trabalhos realizados nessa área, individualizou corpos de natureza granítica na imediações de Caapucú, que reuniu sob a denominação de rochas magmáticas ao norte de Villa Florida. Distinguiu ainda uma fácies extrusiva representada por riólitos. Como também mencionado, dividiu os granitos e os riólitos, respectivamente, em duas suítes. Os melhores afloramentos do Granito Jhú são encontrados a uma distância aproximada de 10 km a NW de Caapucú, enquanto que os do Granito Barrerito na fazenda homônima, a NE de Villa Florida. Essas rochas exibem evidências de intensa atividade tectônica e grande quantidade de diques de aplito e, por vezes, pegmatito. A NW daquela localidade, afloram riólitos pertencentes à suíte Casualidad, com as melhores exposições vistas na estrada Villa Florida-Yeré à Fazenda Casualidad. No trecho que parte de Caapucú em direção ao povoado de Charará, numa extensão de 12 km, afloram os chamados riólitos Charará.

Na variante da estrada Ypacaraí-Pirayú, existe uma pedreira de material riolítico apresentando textura porfirítica visível, com fenocristais de quartzo e feldspato alcalino imersos numa matriz afanítica. Deste ponto em diante até as proximidades da localidade de San Bernardino, a topografia é marcada pela presença de rochas graníticas de cor cinza a rósea, granulação média a grossa, e textura granular, que, localmente, passa a porfirítica.

3.1.5.3. Posição estratigráfica

As rochas do Grupo Caapucú cortam indistintamente as do Complexo do Rio Tebicuary e Suíte Villa Florida. Elas estão parcialmente capeadas, por discordância do tipo litológico, pelas vulcanossedimentares da unidade Cristo Redentor e por sedimentos sílico-clásticos do Grupo Caacupé (Fig. 5). As relações com as vulcanossedimentares atestam a presença de auréolas de contato, com a subsequente formação de hornfelses.

3.1.5.4. Geocronologia

As rochas do Grupo Caapucú foram datadas radiometricamente pelos métodos K/Ar e $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$. Comte e Hasui (1971) forneceram idades K/Ar, obtidas a partir de concentrados de feldspato, para o granodiorito de San Bernardino e granito de Caapucú, respectivamente, 786 ± 40 Ma e 468 ± 25 Ma. Esses autores interpretaram os valores como correspondendo à idade mínima desses corpos e admitiram a possibilidade de correlação das intrusões graníticas da região central e sul do Paraguai com as congêneres afetadas pelo evento termotectônico do Ciclo Brasileiro de Almeida e Hasui (1984).

Mais recentemente, Bistchene e Lippolt (1986) realizaram algumas análises geocronológicas (duas determinações de K/Ar e quatro de $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$) em rochas da área. Para os riólitos de Ypacaraí obtiveram uma idade $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ de 553 ± 20 Ma em xenocristais de

anfíbólio, que foi por eles interpretada como indicativa da idade de fechamento do sistema, ou seja, o limite superior da atividade magmática. Os dados conseguidos para as rochas graníticas de San Bernardino e Caapucú definem um período de atividade ácida compreendido entre 573 e 536 Ma, correspondendo ao ciclo orogênico Brasileiro.

Os valores obtidos por Bistchene e Lippolt (1986) apresentam erros muito limitados, enquanto que os de Comte e Hasui (1971), por seu turno, exibem maior dispersão, refletindo o resfriamento dos minerais depois da intrusão do magma. Contudo, segundo Bistchene e Lippolt (1986), a idade de 786 ± 40 Ma não conflita com os resultados de maior confiabilidade.

3.1.5.5. Petrografia

As rochas aqui consideradas incluem granitos e riólitos (Fig. 7) agrupados, segundo Kanzler (1987), nas suítes abaixo:

Granito Jhú

São rochas de cor avermelhada, maciças, inequigranulares, e portadoras de megacristais idiomórficos de quartzo e feldspato alcalino em matriz afanítica. Ao microscópio, reconhece-se também plagioclásio, biotita e opacos.

Granito Barrerito

São rochas de coloração rosada, maciças, onde se sobressaem cristais maiores de quartzo, quase sempre incolores e com brilho vítreo, de feldspato alcalino róseo e de plagioclásio cinzento em matriz afanítica. O plagioclásio é zonado e biotita ocorre intercrescida com hornblenda idiomórfica.

Riólito Casualidad

São rochas de cor cinza escuro, maciças, e exibindo textura porfirítica típica. Os fenocristais são de quartzo e feldspato alcalino, com biotita, hornblenda, prehnita e clorita integrando a matriz de granulação fina.

Riólito Charará

São rochas de coloração cinza escuro, maciças, e de matriz afanítica, onde se distinguem fenocristais de quartzo e feldspato alcalino.

3.2. Pré-cambriano Norte

3.2.1. Complexo do Rio Apa

3.2.1.1. Generalidades

Pöhlmann (1886) foi o primeiro autor a se pronunciar quanto à existência de rochas metamórficas na região norte do Paraguai, ainda que não tenha oferecido mais detalhes sobre essas ocorrências. Posteriormente, Carnier (1911) tratou da geologia e ocorrência de rochas pré-cambrianas entre os rios Apa e Aquidabán (latitude Centurión, Santa Luisa, Bella Vista e parte norte de Concepción), incluindo aí a região do Amambay. Goldschlag (1913) descreveu

petrograficamente amostras da Fazenda Manchuca Cué, classificando-as como gnaisses biotíticos e constituídas de microclínio, albita-oligoclásio, quartzo, biotita, hornblenda verde, titanita, magnetita e epidoto. Ocorrências menos expressivas foram encontradas no rio Pitonoaga e Zanja Morotí (veios de quartzito, aplito e pegmatito).

Carnier (1913), referindo-se ao chamado "Apa Bergland", citou a ocorrência de rochas pré-cambrianas na porção W do rio Apa, salientando principalmente as suas feições de relevo, caracterizadas por altas e íngremes cordilheiras e morros de direção NW.

Boettner (1947) relatou a existência de duas grandes áreas pré-cambrianas no país, uma ao norte e a outra ao sul. Na primeira, mencionou a ocorrência de mica xistos, gnaisses e filitos fortemente dobrados com direção EW, de intrusões graníticas, além de diques de pegmatito com berilo e turmalina entre Puerto Fonciére e Toldo Cué (San Luís até Caracol e Ferreyra Cué), na porção sul do rio Apa.

Harrington (1950) ressaltou as principais diferenças existentes entre as rochas pré-cambrianas do norte, central e sul do país. Além disso, propôs uma subdivisão do pré-cambriano em duas unidades litoestratigráficas, a mais antiga se referindo ao complexo metamórfico do Arqueozóico e a mais nova a granitos e pórfiros do Proterozóico.

Eckel (1959) também discutiu as grandes áreas acima, tecendo comentários sobre a existência de rochas metamórficas pré-cambrianas inquestionavelmente mais antigas que as ígneas associadas. Fez ainda observações sobre biotita/hornblenda gnaisses, mica xistos e granitos, além de citar aplitos, pegmatitos, quartzitos e xistos hematíticos próximos ao rio Apa, salientando inclusive a sua continuidade para norte, em território brasileiro.

Putzer (1962) utilizou, pela primeira vez, o termo "Anticlinal Central Paraguay" para englobar as rochas antigas que afloram ao norte e ao sul do país. Assim, passou a considerar o "Apa-Bergland" como a área de ocorrência das rochas metamórficas mais velhas, posicionando os granitos e os pórfiros no Pré-cambriano (indiferenciado).

O projeto Cuenca del Plata (1975) propôs, no trabalho de investigação geológica sistemática da porção norte-oriental do país, a denominação de Complexo Cristalino do Rio Apa para a unidade estratigráfica definida como Complexo Basal, composta de gnaisses associados a xistos micáceos, anfíbolitos e quartzitos, e posicionada no Pré-cambriano Inferior ou Médio. Ressaltou, ainda, a existência de afloramentos de quartzitos e xistos micáceos nas serranias de Sarambí, bem como na cuesta basáltica de Chiriguelo.

Durante o programa da TAC, Hutchison (1979b), se ocupando de trabalho mais minucioso do embasamento cristalino norte, sugeriu, pela primeira vez, o termo Alto do Rio Apa, bem como caracterizou o Alto de Centurión e duas províncias (Província Paso Bravo e Sudeste). A Província Paso Bravo agrupa rochas consistindo em gnaisses máficos associados a granitos,

migmatitos, anfibolitos, pegmatitos, xistos e metaquartzitos, e individualizadas em distintas unidades (1, gnaisses máficos e migmatitos; 2, gnaisses graníticos; 3, granitos) pertencentes ao complexo metamórfico que aflora na porção leste e sudeste do Alto do Rio Apa. Para a consecução de seus propósitos, aquele autor executou também um extenso programa de reconhecimento geoquímico regional por meio de sedimentos de corrente, disso resultando na seleção de algumas áreas para estudos de detalhe com vistas à prospecção de metais.

Para esse autor (Hutchison, 1980b), o Alto do Rio Apa corresponde a uma unidade estratigráfica que se estende até a parte NW da cidade de Concepción. Por observar, diferenças litológicas e de fácies metamórficas em algumas zonas de exposição do conjunto, ele procurou subdividi-lo em duas províncias, com a principal predominando na parte oriental da região e reunindo o complexo metamórfico e as intrusões graníticas mais jovens; a segunda, com área de exposição restrita a pequena parcela da parte ocidental do conjunto, mostra grau de metamorfismo mais baixo e compõe-se de metasedimentos (quartzitos, filitos, xistos) e metavulcânicas (tufos); adicionalmente, ocorrem também intrusões graníticas (Alto de Centurión).

A designação de subcratóns foi empregada inicialmente por Wiens (1986), que agrupou e descreveu com o nome de "Subcráton do rio Apa" as rochas pré-cambrianas da área, colocando ainda esse conjunto litológico na parte central da "Serranías del Río Apa". Nesse trabalho, incluiu na unidade estratigráfica referida como Complexo do Rio Apa as rochas metamórficas que constituem o embasamento da localidade homônima. Devido também ao caráter heterogêneo e policíclico dessas rochas, caracterizou três tipos distintos de ocorrências, estas representadas por gnaisses (leste), complexo metassedimentar-granitóides (oeste) e granitóides (central); para elas foi admitido um posicionamento no Arqueano a Proterozóico Médio.

Um dois trabalhos mais recentes sobre a estratigrafia da região foi o elaborado pelo projeto PAR 83/005 (1986). Nele, procurou-se dar cumprimento à importante tarefa de sintetizar as informações presentemente disponíveis de forma a assegurar ao leitor o acesso aos dados. Ainda, a separação das unidades pré-cambrianas que afloram nas proximidades dos rios Apa e Tebicuary encontrava plena justificava não só pelas discontinuidades existentes, mas também pela sua importância a nível de escala regional. Essas rochas formam o Complexo basal do Rio Apa, posicionado no Proterozóico Inferior, que é definido como um conjunto estratigráfico de grande diversidade litológica, consistindo nos complexos gnáissico e metassedimentar-granitóide e nas unidades máfica e granitóide intrusiva.

3.2.1.2. Distribuição territorial

As rochas do Complexo do Rio Apa, ocupando extensa área na parte norte-oriental do

país, também conhecida como Alto do Rio Apa, estão distribuídas entre as longitudes 56°50' e 57°40' W e limitadas a uma faixa NS, que se estende desde o rio Apa até as proximidades do paralelo 22°50' S (Fig. 8). Elas ainda ocorrem em alguns pontos isolados junto aos seus flancos W e S, quando então se apresentam circundadas por sedimentos carbonáticos e arcosianos, além de lateritos quaternários. Para o norte, avançam em perfeita continuidade física pelo território brasileiro dando origem a um conjunto de morros dispostos em geral na direção NS, e tendo como corpo principal a Serra da Bodoquena. Estruturalmente, o Complexo do Rio Apa representa a extremidade sul da grande faixa paraguaia de dobramentos lineares, afetada por falhas normais na sua porção meridional, que constitui o assim denominado Baixo de San Pedro, correspondendo a uma bacia com mais de 3500 m de sedimentos paleozóicos.

De modo geral, a margem oriental do complexo apresenta desníveis altimétricos relativos da ordem de 50-150 m, com o gradiente topográfico crescendo de W para E junto à zona de contato com rochas carbonáticas e sedimentares paleozóicas, embora para noroeste, na região de San Luís, o relevo se mostre mais escarpado. Neste último local, as cotas altimétricas inferiores oscilam entre 200 e 400 m. As maiores expressões topográficas da região, alcançando altitudes a 500 m, são encontradas no trecho alongado situado no extremo nordeste da unidade e nas pequenas áreas da extremidade norte. De maneira geral, as litologias do Complexo do Rio Apa formam escarpas esculpidas e apresentam declive regional suave, com o gradiente topográfico diminuindo de leste para oeste, ao longo dos afluentes do rio Paraguai.

Os afloramentos mais significativos da primeira unidade do complexo, constituída essencialmente por rochas gnáissicas, ocupam uma faixa mais ou menos contínua, orientada segundo NS, com cerca de 15 km de extensão e largura variável, que cobre desde o rio Apa até as proximidades do limite W do arroio Itaky, e tem como limite sul as imediações do arroio Pitanoagá. As ocorrências menos expressivas localizam-se na porção W dessa faixa, quando aparecem na forma de afloramentos isolados (arroio Paso Bravo), localmente cataclásticos, e penetrados por granitóides (Wiens, 1986).

Observações feitas por Wiens (1986) no Alto do Rio Apa possibilitaram o reconhecimento de uma área de granitóides na porção W do planalto de Paso Bravo, compreendida entre o arroio Quién Sabe a E e a Fazenda Arrecife a W, e que acompanha o rio Apa por cerca de 50 km; o seu limite sul é definido pelo retiro Estrella. No interior dessa área, junto ao arroio Toro Bravo, nota-se a transição dessas rochas para granitóides mais jovens. No trecho inicial do arroio La Paz até o retiro Estrella, observa-se também que os granitóides encontram-se sobrepostos por quartzitos e calcários do Grupo Itapucumí, nas proximidades do morro Paiva

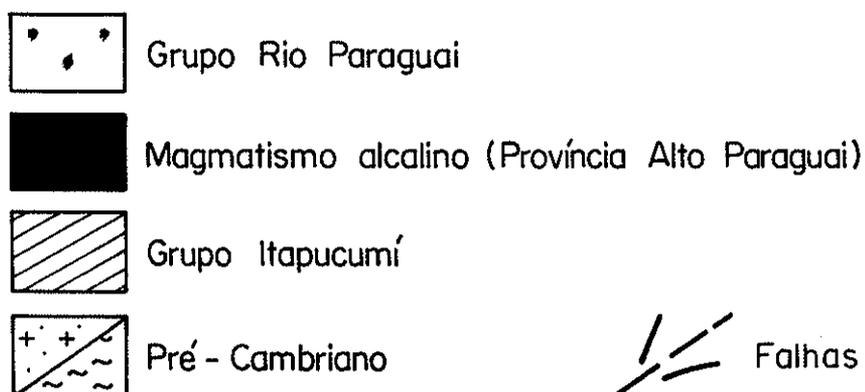
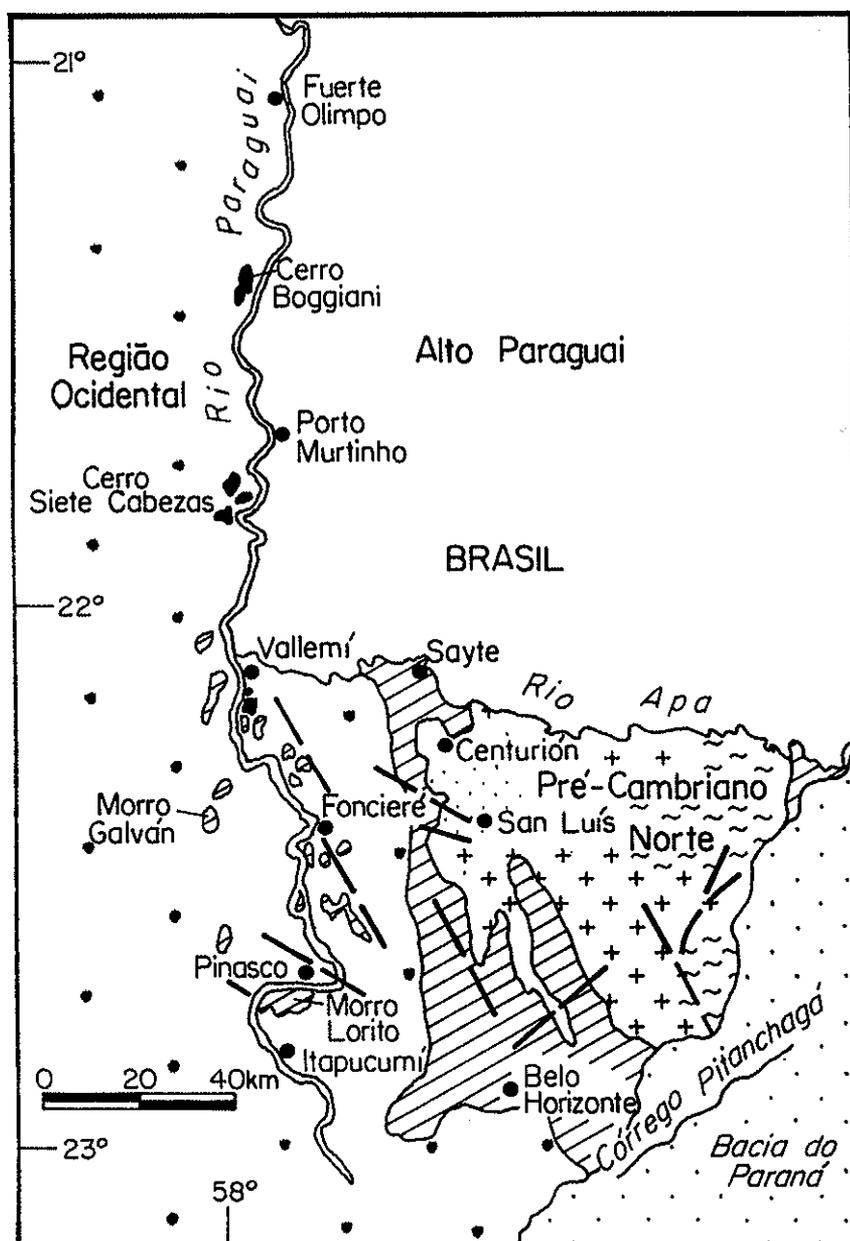


Figura 8 - Geologia do Pré-cambriano Norte no Alto do Rio Apa.

e Fazenda Buena Vista.

A unidade máfica do complexo reúne, segundo Wiens (1986), anfíbolitos, metabasanitos e metadiabásios, com as duas primeiras rochas, de disposição concordante em relação à estrutura regional, aflorando nos arroios Itaky e Desengaño. Já os metadiabásios são encontrados na forma de corpos orientados para NW junto ao retiro San Luís.

A unidade intrusiva granitóide tem as suas melhores exposições no centro do planalto de Paso Bravo. Na parte oriental dessa área, estão associadas a falhas de direção NE e NW e penetram visivelmente as rochas mais antigas do complexo. Na porção ocidental, exibem transição gradual para a unidade metassedimentar-granitóide, sendo freqüente a ocorrência de intrusões graníticas a NE do morro Paiva e no arroio Itayurú. Entre retiro Zanja Morotí e Colonia Sargento Lopez, afloram gnaisses e rochas da unidade metassedimentar-granitóide.

Juntamente com os pegmatitos associados, rochas metassedimentares e granitóides apresentam boas exposições nas vizinhanças da Colonia Sargento Lopez e Fazenda Caracol. Num perfil se estendendo de Sargento Lopez até o início do arroio Tagatiyá-Guazú, é possível observar-se afloramentos de praticamente toda a unidade; adicionalmente, o mesmo se verifica em outros pontos da área: entre o retiro San Luís e o arroio Toro Bravo, em Paso Bravo e nas terras da Fazenda Santa Sofia. Ao redor de Sargento Lopez, numa área de 1 por 5 km, ocorrem corpos pegmatíticos orientados para NE, com espessura de 10 m.

3.2.1.3. Posição estratigráfica

O Complexo do Rio Apa corresponde à unidade estratigráfica inferior da coluna geológica do Paraguai Oriental. Na porção oriental da sua área de exposição, mostra-se recoberto, discordantemente, por rochas do Grupo Itapucumí e por sedimentos paleozóicos. Nas partes W e SW, oculta-se sob os calcários do Grupo Itapucumí. Por outro lado, na região norte de San Luís, é coberto por metassedimentos do Grupo San Luís e por sedimentos quaternários do Grupo Río Paraguay. O complexo acha-se cortado localmente por rochas de composição granítica da Suíte Centurión (Fig. 5).

3.2.1.4. Geocronologia

Atualmente, são disponíveis duas idades radiométricas para rochas do Complexo do Rio Apa. Coube a Comte e Hasui (1971) fornecer uma primeira visão sobre a cronologia dos eventos magmáticos, e também metamórficos, afetando as rochas da região. As determinações K/Ar foram feitas em anfíbolito e pegmatito, com os dados indicando, respectivamente, idades de 1.056 ± 55 Ma e 1.250 ± 65 Ma. Os autores consideraram esses valores como sendo idades mínimas e aventaram a possibilidade da existência de um cinturão orogênico relacionado ao Ciclo Minas-Uruçuano (900-1.300 Ma, cf. Projeto RadamBrasil, 1982).

Hutchison (1979b) acredita que os dados obtidos devam expressar a época em que ocorreu o evento metamórfico e, por conseguinte, refletir apenas a fase mais nova de atividade relacionada com os crátons amazônicos. Assim, as rochas do embasamento teriam se formado em época anterior. Entretanto, não se pode deixar de considerar a natureza da amostra, proveniente de uma unidade gnáissica-migmatítica. Segundo aquele autor, a presença de migmatitos indica a existência de processos de deformação associados a eventos metamórficos de alta temperatura, responsáveis pelo rejuvenescimento isotópico de rochas mais antigas. Isto poderia indicar que a unidade gnáissica, à qual se associa o anfíbolito, é mais antiga que a idade obtida, enquanto que a fase granítica, à qual se associa o pegmatito, seria mais jovem e de idade similar à dos granitos da Rondônia, 960 Ma.

3.2.1.5. Petrografia

As rochas do Complexo do Rio Apa foram agrupadas por Wiens (1986), com base em critérios texturais e composicionais, em: complexos gnáissico e metassedimentar-granitóide, e unidades máfica e granitóide intrusiva (Fig. 7).

Complexo gnáissico

Aqui estão incluídos diferentes tipos de gnaisses, caracterizados em função do principal mineral acidental presente.

I. Biotita gnaisses

Ocorrem em Zanja Morotí, na zona SE do Alto do Apa, e são rochas de textura predominantemente granoblástica, foliação conspícua e portadoras de leitos finos e descontínuos de biotita. A mineralogia tem quartzo, feldspato alcalino, plagioclásio e biotita como principais fases; cianita aparece ocasionalmente, enquanto que zircão, apatita, rutilo e opacos estão presentes como acessórios.

II. Hornblenda gnaisses

Também ocorrem em Zanja Morotí, sendo rochas com textura granoblástica a nematoblástica, esta resultante da orientação preferencial da hornblenda. Mineralogicamente, contêm quartzo, feldspato alcalino, plagioclásio e hornblenda. Os acessórios são zircão, apatita, opacos e titanita.

III. Biotita-hornblenda gnaisses

Estas rochas são encontradas na porção NE da área, exibindo textura granoblástica e acentuada foliação dada pela disposição orientada de quartzo. Ao microscópio, reconhecem-se quartzo, feldspato alcalino, plagioclásio, hornblenda, biotita e, por vezes, silimanita. Os acessórios são zircão, opacos e titanita.

Complexo metassedimentar-granitóide

Aqui acham-se reunidos metassedimentos em geral e rochas granítico-gnáissicas.

I. Metassedimentos

Estas rochas estão distribuídas pela porção central do Alto do Rio Apa, mais especificamente sendo encontradas nas Fazendas Santa Sofia e Caracol. Possuem textura granoblástica e, mineralogicamente, contêm quartzo, feldspato alcalino, plagioclásio, biotita e muscovita; como constituintes menores reconhecem-se zircão, apatita, rutilo, epidoto.

II. Granito-gnaisses

A principal área de exposição dessa unidade situa-se no arroio Quién Sabe, sendo observada uma transição de rochas gnáissicas para granitóides. Ao microscópio, apresentam uma associação mineralógica constituída basicamente de quartzo, feldspato alcalino, plagioclásio, hornblenda e biotita; zircão, apatita e titanita são acessórios, enquanto que sillimanita ocorre ocasionalmente.

Unidade máfica

Aqui estão incluídos anfibolitos e basanitos.

I. Anfibolitos

São rochas de textura granoblástica a nematoblástica, com foliação proeminente. Os minerais principais são hornblenda, quartzo e plagioclásio. Como constituintes menores estão presentes apatita, rutilo e zircão.

II. Basanitos

Estas rochas ocorrem em geral concordantemente com os gnaisses. Possuem textura holocristalina e, mineralogicamente, olivina, augita e plagioclásio como principais fases. Como acessórios estão presentes nefelina, flogopita, titanita e apatita.

Unidade intrusiva granitóide

Estas rochas, de textura granular e pouco orientada, ocorrem na porção central do Complexo do Apa, mais especificamente, no leito do arroio Quién Sabe e nas Fazendas Aguas Frias e Manchuca Cué. Os minerais principais são quartzo, feldspato alcalino, plagioclásio, biotita e muscovita. Como constituintes menores aparecem zircão, titanita, apatita e granada.

I. Pegmatitos

São rochas granitóides, de natureza holocristalina e textura micropegmatítica. Distinguem-se quartzo, microclínio, plagioclásio e como minerais menores epidoto, sericita, clorita e biotita.

3.2.2. Suíte Centurión

3.2.2.1. Generalidades

As primeiras observações a respeito das rochas deste grupo remontam a DuGraty (1865), que mencionou a ocorrência de pórfiros constituídos por quartzo e plagioclásio; esse autor indicou ainda uma idade pré-cambriana para o morro de Fuerte Olimpo.

Boettner (1947) relatou a presença de granitos associados a mica xistos nos arredores de Centurión. Contudo, foi Putzer (1962) quem primeiro descreveu as intrusões de rochas graníticas mais jovens, de idade pré-cambriana, desta unidade, expostas em Luís de la Sierra, Centurión e Potrero Saty. Da mesma forma, atribuiu características tectônicas ao granito de granulação grossa de Arroio La Paz.

O projeto Cuenca del Plata (1975) foi responsável pela descoberta de um maciço intrusivo e pórfiros associados nas imediações de Centurión, a NNW de San Luís de la Sierra, cobrindo superfície aproximada de 40 km². Os pórfiros quartzíferos dessa localidade são normalmente de cor cinza-esverdeada a rósea, granulação fina, com fenocristais de feldspato e, em menor quantidade, de quartzo distribuídos em uma matriz afanítica. Adicionalmente, apresentam aspecto bandado e, por vezes, evidências de cataclase ou milonitização. Os autores admitem ainda que as estruturas planares de direção NE não tenham afetado o Grupo San Luís, sendo, portanto, essas rochas extrusivas mais antigas que os metassedimentos da unidade superior.

Wiens (1986) adotou o termo Série San Luís para unidades magmáticas e metassedimentares que afloram na margem ocidental do Complexo do Rio Apa, termo este que julgou o mais apropriado entre os vários propostos na literatura, uma vez que o membro magmático (Centurión) já havia sido definido por Hutchison (1979b). Os principais tipos litológicos da Suíte Centurión consistem em granitos e riólitos, de idade Proterozóico Médio.

O projeto PAR 83/005 (1986) ainda adotou o termo Suíte Centurión, bem como manteve a sua litologia como caracterizada pela presença de intrusões de granitos afaníticos (granitos biotíticos a muscovíticos ao lado de riólitos) e pórfiros (pórfiros quartzo-feldspáticos, riocacitos e metavulcanitos) do Grupo Centurión, associados a material piroclástico.

3.2.2.2. Distribuição territorial

Com uma superfície aflorante de aproximadamente 200 km², delimitada pelos paralelos 22°10'S-22°30'S e meridianos 57°30'W-57°45'W (Fig. 8), a Suíte Centurión se ressalta topograficamente no Alto do Rio Apa. Segundo se depreende da literatura, a parte ocidental do Complexo do Rio Apa reunindo escarpas, onde se erguem trechos de relevo mais conservado na forma de ladeiras escarpadas de cordilheiras e colinas (Alto do Centurión), apresenta configuração de um anfiteatro, distribuído num padrão semicircular, aberto para W na estrutura denominada como Centurión (Proyecto PAR 83/005, 1986). A porção oriental é constituída por litologias diferentes (gnaisses, migmatitos e granitos), além de caracterizada por uma extensa superfície topográfica monótona e uniforme, com vegetação do tipo savana, ou ainda, pequenas áreas de floresta (Província de Paso Bravo). As rochas da Suíte Centurión no Alto do Rio Apa correspondem a pequenos afloramentos isolados de rochas

intrusivas e extrusivas. As melhores exposições das primeiras localizam-se nas proximidades da Fazenda La Raza (Wiens, 1986), daí estendendo-se para o norte até San Luís de la Sierra e, para o sul, até Sierra de Garay. Nesse trecho, os metassedimentos do Grupo San Luís ocorrem como relictos sobrepostos aos granitos. Para N e E, o contato se dá por meio falhas, enquanto que para S ele é feito com intrusivas EoCambrianas; já para W, ele se mostra discordante em relação aos calcários do Grupo Itapucumí. De modo geral, as rochas graníticas se apresentam como planaltos, sem grandes variações geomórficas, além de introduzidas na margem ocidental do Complexo do Rio Apa.

A fase extrusiva está representada na área do planalto de Centurión, na região do arroio La Paz, entre as Fazendas Buena Vista e Primavera. Aí são observadas seqüências de pórfiros, riólitos, riodacitos e piroclásticos; na realidade, trata-se de capas de riólitos com intercalações de material piroclástico e sedimentar. Neste local, o limite entre as duas fases posiciona-se na porção SW; na direção W, as rochas desta suíte aparecem sotopostas às do Grupo Itapucumí, em contato discordante ou por meio de falhas. Ocorrem também associadas às variedades intrusivas do Grupo San Luís e da Suíte San Ramón, no anfiteatro de Centurión.

3.2.2.3. Posição estratigráfica

As rochas da Suíte Centurión acham-se introduzidas no Complexo do Rio Apa. Elas estão parcialmente capeadas por sedimentos clástico-carbonatados do Grupo Itapucumí, além de apresentarem contato intrusivo e tectônico com as do Grupo San Luís e Suíte San Ramón (Fig. 5).

3.2.2.4. Petrografia

Segundo Wiens (1986), a Suíte Centurión compõe-se de uma seqüência intrusiva, de metagranitos, e uma extrusiva, reunindo riólitos, riodacitos pórfiros e metavulcânicas (Fig. 7).

Unidade intrusiva

Estas rochas ocorrem na Fazenda La Raza, Sierra de San Luís e Sierra Garay. São foliadas, de granulação fina a média, textura granular a orientada, e têm como principais componentes minerais quartzo, feldspato alcalino, plagioclásio e biotita. Quartzo aparece como grãos xenomórficos, fraturados, e parcialmente recristalizados em mosaico. O feldspato alcalino e o plagioclásio são também xenomórficos, com geminação, respectivamente, do tipo Carlsbad e albita. O primeiro é levemente sericitizado e o segundo saussuritizado. Outros minerais presentes são zircão, clorita, calcita e opacos.

Unidade extrusiva

Estas rochas ocorrem principalmente na porção sul da Sierra de Guaicurú. Possuem textura porfirítica, reconhecendo-se fenocristais de quartzo, feldspato alcalino e plagioclásio

em matriz muito fina, criptocristalina, composta pelos mesmos minerais. Estão também presentes opacos, epídoto, zircão, apatita, calcita, rutilo, titanita, clorita e biotita. Quartzo é invariavelmente xenomórfico, corroído, além de portador de extinção ondulante, enquanto que feldspato alcalino aparece como fenocristais idiomórficos, geminados segundo Carlsbad, e ligeiramente sericitizados. Os cristais de plagioclásio são subidiomórficos, corroídos, e exibem geminação polissintética. A sericita ocorre essencialmente como componente criptocristalino na matriz.

3.2.3. Grupo San Luís

3.2.3.1. Generalidades

Harrington (1950) relatou de modo sucinto a ocorrência destas rochas na margem ocidental do rio Apa, sem contudo acrescentar dados novos aos já então conhecidos. Sugeriu sua correlação com a Série Cuiabá do Mato Grosso, ficando, no entanto, em dúvida quanto as suas relações estratigráficas com as rochas metamórficas associadas. Em território brasileiro, na divisa com o Paraguai, é admitida a existência de discordância angular sobre os antigos granitos. Atribuiu-lhe idade proterozóica por sua relação litoestratigráfica com a Série Cuiabá. Ainda este autor (Harrington, 1956) descreveu esta unidade como composta de metassedimentos em continuidade com os afloramentos do Grupo Cuiabá (Mato Grosso do Sul), posicionando essas rochas no Pré-cambriano Médio.

Eckel (1959) fez breves referências à ocorrência de rochas graníticas e porfíricas, definidas como pertencentes a uma fase pré-cambriana mais jovem.

Putzer (1962) empregou o termo "klastische" para designar o pacote sedimentar representado por arenitos, quartzitos e xistos sobreposto em discordância ao pré-cambriano metamórfico, mostrando acamamento de direção NS e mergulho 45°E. Segundo o referido autor, essas rochas afloram nas imediações de Cerro Paiva, Paso de Angostura, ao norte e ao sul do arroio La Paz e a oeste de San Luís de la Sierra.

O projeto Cuenca del Plata (1975) também se ocupou das litologias tidas por outros autores como pertencentes à Série San Luís e jazendo em discordância com as rochas do Complexo Basal do Rio Apa. Nesse trabalho, os autores procuraram salientar que na literatura não são feitas maiores referências aos metassedimentos do quadrante NW de San Luís, onde essas rochas se destacam pela sua grande expressão topográfica, elevando-se acima de 400 m da planície. Neste sentido, qualquer tentativa de entendimento da relação e evolução do relevo regional transcende os limites cartográficos do rio Apa, estendendo-se às áreas cristalinas, às mesas da Serra do Bodoquena e às planícies quaternárias ao sul do Mato Grosso. Analisando a geologia desse relevo, a ele se referiram como uma cordilheira, descrevendo ainda o Grupo San Luís como sendo constituído principalmente de quartzitos,

por vezes dobrados, com estrutura planar, de granulação fina a média, e contendo níveis de conglomerados na base do grupo junto ao anfiteatro de Centurión. A área definida inclui a cordilheira das Siete Puntas, no limite com o anfiteatro de Centurión, e, mais a norte, o morro de Guaicurú, com cerca de 400 m de espessura. Essas rochas foram enquadradas no Pré-cambriano Superior.

Posteriormente, descrevendo os aspectos gerais da região, Willoughby (1979) promoveu uma profunda modificação dos componentes litológicos e estruturais do Alto de Centurión, dominado por uma associação magmática/metamórfica. Para o autor, esta unidade estratigráfica possui amplas extensões no alto estrutural formando um bloco alongado (retangular) de 40 km de extensão e 18 km de largura, aparentemente soerguido com respeito ao embasamento pré-cambriano. Ela se mostra constituída de porções litológicas distintas, reunindo paragêneses diversas, além de subdividida em metassedimentos de baixo grau e metavulcânicas interestratificadas, freqüentemente penetrados por hornblenda granitos e pórfiros feldspáticos. No transcurso dos trabalhos de campo, chegou-se à definição de oito unidades litológicas na seqüência estratigráfica: 1-interestratificada, 2-interestratificada, 3-metavulcânicas, 4-interestratificada, 4a-metaquartzito maciço, 5-hornblenda granito foliado, 5a-biotita granito e leucogranito foliado, 6-xisto-pórfiro feldspático, 6a-pórfiro feldspático, 7-arenito arcossiano e 8-calcário recristalizado. Na região do alto estrutural (latitude 22°10' e 22°30'S, longitude 57°30' e 57°45'W), junto ao seu extremo oriental, o contato dessas rochas com o embasamento granítico-gnáissico se dá por falha. Na porção sul e oeste, elas se encontram parcialmente capeadas, por discordância erosiva, por arenitos arcossianos e calcários.

Hutchison (1979b), referindo-se ao denominado "Alto do Centurión", citou a existência de afloramentos de metassedimentos, metavulcânicas e rochas graníticas no extremo NW de Paso Bravo. Assim, ao caracterizar a litologia e as estruturas das rochas pré-cambrianas da área, adotou o termo "Alto do Rio Apa" e dividiu-a em duas províncias diferentes, Província Paso Bravo e Sudoeste. A Província Paso Bravo, ocupando a parte noroeste, inclui uma seqüência dobrada de baixo grau metamórfico e rochas metassedimentares, vulcanossedimentares, além de granitos e pórfiros. Ainda coube a esse autor (Hutchison, 1980a) descrever a geologia desta unidade, distinguindo: a) uma seqüência de rochas sedimentares detríticas de baixo grau de metamorfismo, localmente fragmentadas, e ainda vulcânicas; b) uma seqüência exibindo em geral os efeitos das intrusões graníticas no material vulcanossedimentar e o corpo central do Alto de Centurión, consistindo em hornblenda granitos de granulação média a grossa. Além disso, apresenta-se em áreas localizadas na forma de "plugs" de pórfiros feldspáticos, geneticamente relacionados aos eventos

magmáticos finais. Hutchison (1980b), novamente ao tratar das rochas cristalinas da parte W do Alto de Centurión, enfatizou a ocorrência de metassedimentos e metavulcânicas.

Wiens (1986), em trabalho de detalhe de área restrita ao Subcráton do rio Apa, caracterizou a Série San Luís, de idade Proterozóico Médio, como formada predominantemente de rochas graníticas e riodacíticas (Suíte Centurión), além de vulcanossedimentares e metassedimentares do Grupo San Luís.

No trabalho realizado pelo projeto PAR 83/005 (1986), foi constatada a presença de variedades diversas de rochas vulcanossedimentares em discordância com o Complexo do Rio Apa, classificadas como de baixo grau de metamorfismo e, aparentemente, sem deformações estruturais. Nestas circunstâncias, a unidade foi caracterizada com base na literatura geológica existente como Grupo San Luís, que inclui rochas metassedimentares (meta-arenitos e meta-arenitos arcossianos, meta-conglomerados, filitos, xistos quartzo-sericíticos e quartzitos muscovíticos) e meta-vulcânicas.

3.2.3.2. Distribuição territorial

O Grupo San Luís acha-se distribuído de maneira irregular na porção centro-oeste do Alto do Rio Apa, mais especificamente no anfiteatro de Centurión (Fig. 8), formando uma estrutura semicircular que tem como limite norte o arroio Paso Bravo, nas proximidades de San Carlos, no rio Apa, e como limite sul as proximidades da estrutura sinclinal do Baixo de San Pedro. Em geral, o Grupo San Luís exibe duas áreas litologicamente diferentes. Willoughby (1979) distinguiu rochas metavulcanossedimentares no Alto de Centurión que ocorrem de forma descontínua, com os afloramentos caracterizando principalmente os trechos topográficos mais conservados e correspondendo aos relevos de cotas altimétricas mais altas. Compreende um conjunto de morros dispostos na direção NNW, que abrange o corpo principal, tradicionalmente conhecido como San Luís de la Sierra. Este possui forma alongada e é constituído pela Sierra de San Luís, um extenso bloco de relevo de aspecto residual com movimentações de uma tectônica ruptural que se deu ao longo dos falhamentos que atingiram o embasamento pré-cambriano. As rochas metassedimentares na porção NW formam colinas baixas, com as cotas altimétricas variando de 150 a 200 m em virtude das proximidades do vale do rio Paraguai, preservando-se, assim, a continuidade do piso regional do relevo. Suas melhores exposições são encontradas a N da Fazenda Centurión entre a Fazenda Saité e a cachoeira maior do rio Apa.

3.2.3.3. Posição estratigráfica

O Grupo San Luís acha-se sobreposto, discordantemente, ao Complexo do Rio Apa. Apresenta-se ainda em parte recoberto, por discordância do tipo litológico e tectônica, pelo Grupo Itapucumí (Fig. 5). Mostra também contato tectônico, por meio de falhas, com as suítes

intrusiva e extrusiva de Centurión. Do mesmo modo, é discordante o seu contato com a Suíte San Ramón.

3.2.3.4. Petrografia

As rochas pertencentes ao Grupo San Luís foram descritas por Wiens (1986) como sendo essencialmente de natureza metassedimentar. Elas exibem evidências muito nítidas, notadamente de estrutura/textura, de terem sido afetadas pelos processos tectônicos que afetaram a região. Os principais tipos petrográficos reconhecidos incluem meta-arenitos, quartzo-mica xistos e quartzitos, além das variedades quartzo-feldspáticas submetidas a metamorfismo cataclástico, e aqui tratadas como protomilonitos.

Meta-arenitos

Estas rochas possuem ocorrência restrita, sendo mais comumente observadas na porção oriental do Alto de Centurión e no Salto Grande do rio Apa. Elas exibem foliação e textura porfiroclástica, quartzo recristalizado e feldspato em meio a uma matriz de agregados de quartzo e sericita. Os constituintes minerais mais comuns são quartzo, feldspato alcalino, plagioclásio, sericita e opacos, aparecendo como acessórios rutilo, zircão, biotita, clorita e epídoto.

I. Protomilonitos

Estas rochas, representadas até agora pela ocorrência das proximidades da Serra de San Luís, exibem textura porfiroclástica típica e foliação bem desenvolvida, em geral com microdobras. Quartzo, feldspato e sericita idiomórfica são os principais minerais; como opacos estão presentes zircão, rutilo e clinozoisita.

Quartzo-mica xistos

Estas rochas são encontradas especialmente na Serra de Guaicurú, na direção W do retiro Raza, e se apresentam afetadas por processos tectônicos. Exibem textura lepidoblástica e associação mineralógica marcada pela presença dominante de porfiroclastos de quartzo e feldspato. Quartzo aparece como grãos clásticos reliquiares e corroídos, ou ainda, como agregados recristalizados na forma de mosaico, enquanto que o feldspato está em geral sericitizado. Sericita ocorre como grãos porfiroblásticos. Como constituintes menores têm-se zircão e clorita.

Quartzitos

Quando presentes, são termos litológicos de grande expressão dentro do Grupo San Luís, tendo as suas principais áreas de ocorrência localizadas na região SE do Alto de Centurión, nas terras da Fazenda San Luís. Possuem textura granoblástica e, por vezes, caráter foliado, este dado pela orientação dos cristais de sericita. Textura em mosaico é também reconhecida, com os grãos recristalizados de quartzo mostrando forma poligonal. Como acessórios distinguem-se rutilo, zircão e opacos.

3.2.4. Metassedimentos de Cerro Lorito

3.2.4.1. Generalidades

Segundo se pode concluir das informações bibliográficas, o conhecimento sobre essas rochas é extremamente precário. Harrington (1950) correlacionou gnaisses, mica xistos, filitos de San Luís, Caracol e Ferreyra Cué, do Pré-cambriano Norte, com rochas pertencentes à porção meridional da Série Cuiabá, do Mato Grosso. Adicionalmente, chamou a atenção para o seu contato discordante com granitos antigos próximos ao limite do Paraguai. Eckel (1959) descreveu a unidade do Grupo Itapucumí como consistindo em uma seqüência de calcários e folhelhos assentada sobre rochas do embasamento cristalino.

Putzer (1962) confirmou a presença de calcários na pedreira de Vallemí e procurou correlacioná-los com os descritos na área de Itapucumí, aos quais denominou de Série Itapucumí. Disse tratar-se de uma seqüência calcária, constituída de margas, de cor vermelha a cinza, na sua porção inferior e sobrepostas à unidade clástica da Série San Luís.

Posteriormente, Wiens (1986), em trabalho sobre o Complexo do Rio Apa, descreveu detalhadamente os sedimentos clástico-calcíticos dessa seqüência, encontrados na sua porção ocidental. Notou, ainda, em alguns locais a presença de discordância com o membro inferior, composto de arenitos conglomeráticos e arcósios, sobrepostos ao embasamento cristalino. Contudo, assinalou que o contato inferior da Série Itapucumí não foi observado. Este fato mostra a grande dificuldade que existe na definição do contato inferior do Grupo Itapucumí em relação à unidade litoestatigráfica sotoposta. Não obstante, menciona-se a ocorrência de uma unidade metassedimentar aflorando junto à localidade de Cerro Lorito.

3.2.4.2. Distribuição territorial

A ocorrência dessas rochas é limitada, restringindo-se à parte ocidental do Alto do Rio Apa e à margem oriental do rio Paraguai, onde afloram em área extremadamente reduzida nas imediações de Itapucumí. As melhores exposições são encontradas no local conhecido como Cerro Lorito, nas terras da empresa Aceros Paraguayos S.A. (Fig. 8). Essa área tem como limites o rio Paraguai, a N, a planície quaternária, a S e E, e os calcários de Itapucumí, a W. No leito e na margem oriental do rio Paraguai, ocorrem estratos em que se alternam rochas diversas (arenitos, folhelhos, margas e conglomerados) de cor vermelha a amarela quando alteradas e verde ou cinza-prateado quando frescas. Em geral, possuem estratificação plano-paralela, pequenas dobras, e raramente apresentam características originais preservadas. Estas litologias sustentam uma estrutura em anticlinal com flancos orientados segundo N25°E e mergulhos subverticais a 65° para NW. Folhelhos constituem o tipo petrográfico dominante, exibindo cores variadas e brilho acetinado típico e, como característica marcante, intenso fraturamento. A ocorrência mais significativa de

conglomerados contém seixos de 30 cm até 0,5 cm de diâmetro, com os calcários aparecendo na forma de níveis ou mesmo lentes intercaladas nos folhelhos. Neste local, a seqüência acha-se bastante perturbada, mostrando silicificações nas zonas tectônicas, além de sobreposta à unidade inferior do Grupo Itapucumí, composta de margas.

3.2.4.3. Posição estratigráfica

As rochas de Cerro Lorito cobrem área muito pequena, daí não terem sido observadas suas relações de contato com o Complexo do Rio Apa, unidade que lhe é sotoposta. Com a Formação Vallemí, unidade inferior do Grupo Itapucumí, o contato se dá por falha, com estes sedimentos se assentando discordantemente sobre aquelas rochas. No presente trabalho, procura-se posicionar, esses metassedimentos no Pré-Cambriano Superior, estratigraficamente abaixo dos sedimentos da Formação Vallemí (Fig. 5).

3.2.4.4. Petrografia

Embora não formem bons afloramentos, esses metassedimentos (Fig. 7) acham-se bem caracterizados, sobretudo na calha do rio Paraguai. São compostos essencialmente por intercalações de arenitos, folhelhos, conglomerados, margas, além de veios de calcários.

Folhelhos

Os folhelhos representam o tipo petrográfico mais comum da unidade, predominando em toda a sua área de exposição. Exibem granulação fina, caráter foliado, presença de microdobras, e coloração variando de cinza a verde. Mineralogicamente, eles têm quartzo, muscovita, clorita e opacos como principais fases.

Conglomerados

Os conglomerados ocorrem na porção inferior da seqüência e apresentam espessura de 30 m. A sua cor é avermelhada e são portadores de seixos e grânulos de arenitos arcóseos, quartzitos, gnaisses e granitos. Estes seixos, de forma esférica e perfazendo cerca de 25 % da rocha, estão associados a uma matriz fina que contém lamelas de argila, parcialmente recristalizada, e impregnada por óxidos de ferro.

Milonitos

Milonitos ocorrem em zonas de falhas, exibindo textura cataclástica típica e foliação conspícua. A composição é marcada pela predominância de quartzo e plagioclásio, dispostos em matriz muito fina, rica também em muscovita.

3.2.5. Grupo Itapucumí

3.2.5.1. Generalidades

As primeiras referências a respeito destas rochas datam de 1860, ocasião em que o Presidente Marechal Francisco S. López (1960, apud Eckel, 1959) noticiou a existência de mármore na margem ocidental do rio Apa.

DuGraty (1865) mencionou a ocorrência de mármore dolomíticos de cor branco-rosada, granulação fina, aspecto maciço, nas margens do rio Paraguai, nas proximidades de Itapugazú.

Para Carnier (1911), os calcários ocorrem sobrepostos a rochas pré-cambrianas e, por vezes, em contato de falha. Boettner (1947) descreveu rochas carbonáticas ao longo das margens ocidental e oriental do rio Paraguai e, mais especificamente, mármore na pedreira de Puerto Max.

Harrington (1950), ao investigar essas rochas na parte leste e oeste da área pré-cambriana de San Luís-Caracol, empregou o termo Série de Itapucumí à seqüência de calcários da localidade homônima e procurou correlacioná-la com a Série Bodoquena do Mato Grosso, colocada no Paleozóico Inferior. Não existem registros fossilíferos nessas rochas, sendo sua idade estabelecida com base em critérios estratigráficos. Em virtude de se acharem sobrepostas a rochas cristalinas pré-cambrianas, foram incluídas no Ordoviciano. Ainda segundo aquele autor, elas formam uma camada constituída por calcários, dolomitos e lentes de oólitos de cor cinza claro a escuro. A sua granulação é fina e a estratificação, como indicada pela alternância de estratos de margas e folhelhos margosos escuros, se mostra pronunciada. Da mesma maneira, salientou que essas litologias formam uma estrutura dobrada em anticlinal com eixo orientado para NS e mergulho variável, indo de 30° a subvertical. A espessura total da Série Itapucumí é estimada em torno de 300 a 400 m.

Harrington (1956) reconheceu rochas carbonáticas e margas entre Puerto Pinasco e Santa Isabel. Em geral, são camadas finas de calcários de cor cinza, por vezes cristalinos, com intercalações de margas e folhelhos. Além disso, utilizou o termo "Itapucumí limestones" para caracterizar uma unidade metamórfica pré-cambriana que interpretou como a extensão sul dos calcários de Corumbá, de idade Ordoviciano.

Posteriormente, discorrendo sobre aspectos gerais da geologia, bem como sobre os recursos minerais do Paraguai, Eckel (1959) voltou a se referir à série carbonática como formada de depósitos calcário-dolomíticos, camadas de folhelhos, argilitos e estruturas oolíticas. Denominou o conjunto de "Itapucumí Limestone", cuja área de exposição acha-se praticamente circunscrita à região de confluência dos rios Apa, parte meridional, e Paraguai, porção oriental, e apresentando idade Cambriana a Ordoviciano.

Um dois trabalhos mais interessantes sobre os calcários e margas de Itapucumí foi o elaborado por Putzer (1962). Este autor estudou afloramentos de diversas localidades (San Luís de la Sierra, Vallemí, Morro Paiva, Puerto Arrecife, San Salvador, Puerto Sastres, Puerto Foncière, Puerto Max e Morro Galbán, no Chaco), enquadrando os calcários e dolomitos na seqüência "Kalke von Itapucumí" e descreveu com pormenores um perfil E-W, de San Luís de

la Sierra a Puerto Foncière, onde distinguiu tipos rochosos com características bem diversas: oólitos e calcários conglomeráticos, calcários cristalinos e dolomitos, margas de cor vermelha e verde, além de calcários cristalinos betuminosos.

O projeto da Cuenca del Plata (1975) reuniu numa só entidade os calcários e os clásticos da Série Itapucumí, elevando-a à categoria de Grupo e, por questão de prioridade, mantendo o nome Itapucumí. Litologicamente, ele se faz representar por uma seqüência de rochas sedimentares, clásticas e calcárias, com predomínio das últimas. As clásticas, ocorrendo na porção inferior da seqüência, consistem em conglomerados, arcósios, arenitos, margas e folhelhos. Estas rochas estão colocadas acima do Complexo Basal do Apa e, por analogia, são correlacionáveis àquelas do Grupo Corumbá (Formação Cerradinho), de idade EoCambriana a Pré-cambriana Superior.

Hutchison (1979b), quando da execução do programa de mapeamento da Anschutz, adotou o termo Província Sudoeste para designar rochas essencialmente calcárias, com área de exposição junto à parte ocidental do Alto do Rio Apa. Com base no comportamento litológico, estratigráfico e estrutural, distinguiu uma formação basal constituída de arcósios, arenito-calcários, areia calcária (calcarenita) e, principalmente, os calcários de Itapucumí. Segundo o autor, a passagem de um para outro membro se dá de forma gradual e interdigitada. A unidade fundamental desse conjunto corresponde a uma seqüência uniforme e monótona de baixo grau de metamorfismo reunindo calcários e mármore, com as rochas exibindo em geral cor cinza e granulação fina; às vezes, se mostram recristalizadas e de cor cinza claro a branco. A impureza carbonática inclui arenito-calcários, siltitos e ainda brechas calcárias. Adicionalmente, reconhecem-se ainda estruturas estilolíticas (pressure-solution sutures), estromatolíticas e veios de hematita. Do ponto de vista estrutural, essa seqüência tem as camadas fraturadas e mesmo perturbadas, muito provavelmente por falhas de empurrão responsáveis pelo deslocamento, de oeste para leste, das rochas pelíticas sobre os calcários. Esses trabalhos permitiram ainda distinguir quatro áreas de exposição de calcários junto à Província Sudoeste, no Alto do Rio Apa: 1-Sudoeste, 2-Sudeste, 3-Noroeste e Leste de Centurión.

Os trabalhos realizados pela equipe técnica da Asland (1985) conduziram ao mapeamento geológico das rochas carbonáticas da pedreira do Morro Vallemí, nas terras da Industria Nacional del Cemento (INC). Nesses estudos, valendo-se principalmente de dados de sondagem, foram individualizados três níveis sem caracterização estratigráfica. O inferior corresponde a folhelhos e margas de cor verde, interdigitados com arenitos de cor marrom. O intermediário é formado por calcários homogêneos, compactos, de cor cinza escuro, e apresentando teores elevados de CaO; apenas localmente mostram-se dolomíticos. Esses

calcários são intensamente fraturados, estando as fissuras preenchidas por argilitos avermelhados. Já o nível superior é representado por uma seqüência de folhelhos, margas e calcários de cor cinza a verde oliva, com mergulhos verticais a subverticais, e em discordância com o nível inferior. As rochas são aqui consideradas como pertencentes ao nível superior da unidade inferior do Grupo Itapucumí, uma vez que exibem características que permitem situá-las abaixo da unidade superior essencialmente calcária.

Wiens (1986) definiu um conjunto litológico de sedimentos clásticos e carbonáticos, ao qual chamou de Grupo Itapucumí e por ele incluído na Série Itapucumí. Ele acha-se caracterizado pela reunião de rochas carbonatadas e, como consequência, parece refletir uma deposição em ambiente marinho raso do tipo epicontinental. Além disso, fez a subdivisão do grupo em duas unidades litoestratigráficas distintas: a inferior, de natureza clástica, constituída por arenitos conglomeráticos, arcósios e margas; a superior, essencialmente carbonática, onde ocorrem associados calcários betuminosos, calcários oolíticos, calcários dolomíticos, dolomitos e conglomerados. Para elas foi atribuída uma idade EoCambriana.

O projeto PAR 83/005 (1986) se ocupou de modo muito superficial deste grupo, limitando-se apenas a noticiar a divisão feita previamente por outros autores, porém, sem acrescentar qualquer dado novo.

3.2.5.2. Posição estratigráfica

Na porção ocidental e meridional da região do Alto do Rio Apa, o contato inferior do Grupo Itapucumí com as rochas do embasamento cristalino se dá por discordância litológica; com o Grupo San Ramón exhibe contato intrusivo, enquanto que o superior apresenta-se parcialmente capeado por sedimentos quaternários do Grupo Rio Paraguai (Fig. 5). A norte do rio Apa, em território brasileiro, o Projeto RadamBrasil (1982) reconheceu também a presença dos membros clástico e carbonático, o que levou à correlação do Grupo Itapucumí com o Grupo Corumbá, cuja semelhança já havia sido apontada por Harrington (1956). De modo geral, tem-se que a grande dificuldade para a definição da cronoestratigrafia do Grupo Itapucumí reside no fato dele não revelar registros fossilíferos, sendo a sua idade estabelecida com base apenas em critérios estratigráficos. Atualmente, parece existir consenso geral quanto à sua correspondência com o Grupo Corumbá, posicionado no Pré-cambriano Superior. Nesse sentido, Fairchild e Sundaram (1981) relataram a ocorrência de grupos de células pertencentes à Taxon *Buvhinella Favicolata* em folhelhos calcíferos da Formação Tamengo, o que levou a sugerir uma idade entre o Rifeano Superior e o Cambriano Inferior para a parte superior do Grupo Corumbá. Do mesmo modo, se dispõe de uma datação obtida, pelo método Rb/Sr, em rocha total da Formação Tamengo, que forneceu uma idade de 489 ± 29 Ma. Esta corresponderia aos últimos eventos do Ciclo Brasileiro (Boggiani, 1990,

apud Cordani et al., 1985).

3.2.5.3. Formação Vallemí

3.2.5.3.1. Generalidades

Spinzi (1987), em seu trabalho sobre a seqüência sedimentar do Grupo Itapucumí, descreveu detalhadamente o membro clástico-carbonático desta unidade, encontrado na região de Puerto Vallemí (distrito de San Lazaro), destacando a predominância de rochas clásticas na base, que vão se tornando escassas na direção do topo, quando então dão lugar a litologias essencialmente carbonáticas. Conservou a denominação de Grupo Itapucumí para essas rochas e propôs a divisão do grupo em duas formações, Vallemí, a inferior, e Cambájhopo, a superior.

A primeira, de natureza clástica, é constituída por arenitos, conglomerados calcíticos, folhelhos e que margas, formando um pacote sedimentar com cerca de 600 m de espessura, e que recebeu a denominação de Formação de Vallemí. Esta seqüência mostra uma predominância de folhelhos de cor variada (amarela, marrom, verde e vermelha), estratificação fina e veios de material carbonático.

3.2.5.3.2. Distribuição territorial

As rochas da Formação Vallemí ocupam uma faixa que se estende no sentido NNW-SSE por cerca de 200 km de extensão e 50 km de largura. Elas acham-se distribuídas de maneira esparsa por toda a área abrangida pela margem oriental do rio Paraguai, principalmente na porção ocidental e meridional do Alto do Rio Apa, indo o sul até o arroio Pitanoagá, em terras das Fazendas Prosperidad e 3 M. Ao norte, tem como limite as proximidades do rio Apa, em área da Fazenda Sayté.

Suas melhores exposições são encontradas em Puerto Vallemí, na pedreira da Industria Nacional del Cemento (INC) (Fig. 9). Outros afloramentos podem ser vistos ao norte de Vallemí, na estrada para Morro Santa Elena, bem como nas proximidades da Fazenda Belo Horizonte, na parte sul. Ocorrências menos expressivas estão presentes em Três Morros, Morro Tigre, Puerto Fonciére, Ilha Peña Hermosa e Morro Lorito.

No perfil realizado na pedreira acima, observou-se a existência de uma seqüência clástica constituída por metassedimentos, folhelhos com intercalações de arenitos, arcósios, calcários e dolomitos. Neste local, a unidade acha-se bastante perturbada e sobreposta por calcários maciços de cor cinza. Segundo o relatório da Asland (1985), a colmatação da bacia e a pressão dos sedimentos sobre o embasamento desenvolveu esforços de reação em sentido contrário, originando depósitos associados à erosão das camadas empilhadas por meio de empurrões típicos de processos orogenéticos, que concluíram com a imersão e dobramento dos sedimentos. Essas litologias formam uma estrutura assimétrica com flancos orientados

segundo NS e mergulho para W.

Os sedimentos da Formação Vallemí, na sua porção setentrional até o limite com o Morro Santa Elena, apresentam relevo variado em que se distinguem colinas e platôs de topografia mais acentuada. As primeiras correspondem a pequenos morros alinhados na direção NS, com esta forma de relevo se prolongando para sul, nas imediações de Itapucumí, onde o relevo se torna aplainado junto à porção meridional da Fazenda Belo Horizonte.

Essa diferença morfológica acha-se refletida no número pequeno de boas exposições da formação. Os termos clásticos são melhor representados nos flancos de morros isolados, devido à presença de estruturas monoclinais com mergulhos subverticais.

3.2.5.3.3. Posição estratigráfica

Na borda ocidental do Complexo do Rio Apa, a Formação Vallemí acha-se sobreposta a rochas do embasamento cristalino, Suíte Centurión e Grupo San Luís, com os contatos sendo na grande maioria discordantes, do tipo litológico (Fig. 5). Subordinadamente, reconhecem-se contatos por falhas, como o verificado, na porção sudoeste da sua área de exposição, com a Suíte San Ramón. Na parte setentrional dessa área, mais precisamente a norte das terras da INC, nas proximidades de Santa Elena e San Lazaro, as rochas desta formação encontram-se dispostas concordantemente sobre os metassedimentos de Morro Lorito. Para o sul, os seus limites orientais estão encobertos pela sedimentação quaternária, representada pelo Grupo Rio Paraguai. Do centro-oeste para o norte, elas se sotopõem aos calcários da Formação Cambajhopó, em contato gradacional, às vezes discordante, este se fazendo por meio de falhas de empurrão com rejeito de aproximadamente 250 m. A Formação Vallemí acha-se posicionada no Pré-cambriano Superior a Eo-Cambriano, estando estratigraficamente sobreposta às vulcanossedimentares de Morro Lorito e sotoposta à Formação Cambajhopo.

3.2.5.3.4. Petrografia

Na porção setentrional da área recoberta pela Formação Vallemí (Fig. 7), em particular na pedreira em Puerto Vallemí, onde estão as melhores exposições desta unidade, ela é caracterizada por grande variedade de tipos litológicos, evidenciando áreas fonte diversas e ambiente de deposição relativamente instável, que consistem basicamente em metassedimentos de caráter pelítico (ardósias) com intercalações de folhelhos, arenitos, arcósios, siltitos, margas e argilitos, além de calcários e dolomitos; localmente, aparecem também camadas irregulares de chert e, às vezes, sedimentos de granulação grossa na parte basal da unidade.

Seqüência clástica

I. Arenitos

São rochas compactas, de cor avermelhada a cinza, granulação fina a média, e

constituídas por grãos subarredondados de quartzo e intercalações de argilo-minerais.

II. Arcósios

Estas rochas ocorrem associadas a arenitos na porção inferior da unidade. A estratificação é gradacional, com a granulação variando de grossa a fina em direção ao topo da camada. Exibem cor cinza a rósea, caráter mal selecionado, e grãos subangulosos a subarredondados de quartzo e feldspato, sugerindo área fonte próxima.

III. Siltitos

Os siltitos possuem estratificação fina com pequenas intercalações, em geral de coloração mais clara, de material arenoso, argiloso e carbonático.

IV. Margas

Estas rochas exibem lâminas finas de cor variada (marrom, rosada, verde e amarela) e natureza predominantemente argilosa (argilitos), com intercalações, na parte superior das camadas, de material carbonático.

Seqüência carbonática

Os calcários mostram estratificação plano-paralela, cor cinza escuro, granulação mais fina nos termos basais, passando a grossa nos superiores, e caráter venulado, onde se distingue calcita clara e dolomita rosada. Exibem textura em mosaico, com os cristais de calcita em geral mal cristalizados. Os calcários magnesianos formam blocos irregulares e de superfícies ásperas e rugosas em flagrante contraste com as variedades cálcicas caracterizando blocos mais arredondados e de superfícies lisas.

3.2.5.4. Formação Cambájhopo

3.2.5.4.1. Generalidades

Spinzi (1987) dividiu o Grupo Itapucumí em duas formações, com a superior (Formação Cambájhopo) correspondendo a um pacote sedimentar de rochas calcárias de cerca de 250 m de espessura. Em geral, elas são de cor cinza claro a escuro, com níveis rosados enriquecidos em dolomito, maciças e de granulação fina. Apresentam estratificação plano-paralela e evidências de dobramentos e falhamentos. Em alguns locais, são observadas estruturas recristalizadas, oólitos, estilólitos, estromatólitos e brechas autoclásticas. Os afloramentos mais significativos aparecem na pedreira da INC, no flanco W do morro Cambájhopo, aberta em quase em toda sua extensão sobre rochas desta formação. O perfil realizado indica intensa atividade tectônica com estruturas monoclinais apresentando flancos orientados segundo NS e mergulho de 75° para W, associadas a falhamentos de grande ângulo, típicos de ambientes de plataforma (bordas de geossinclinais). Neste local, notam-se também evidências de falhamentos que colocaram a unidade inferior, constituída por folhelhos, sobre a superior, representada por calcários. Provavelmente, a falha de empurrão

de direção N20W e mergulho 75°SW seja responsável pelo contato discordante mostrado por essas duas unidades.

3.2.5.4.2. Distribuição territorial

A Formação Cambajhopó é encontrada na parte ocidental, oriental e meridional do Complexo do Rio Apa, estendendo-se continuamente numa faixa NS, desde o rio Apa, até as proximidades do limite sul da Sierra de San Luís. Aparece também de forma isolada nas cristas e flancos de dobras, quando então se mostra circundada por sedimentos quaternários. Outras ocorrências estão presentes ao longo da borda ocidental (Morro Ñandú, Morro Galbán e vizinhanças de Puerto Pinasco) e oriental (San Lazaro, Santa Elena, Cerro Pucú, Francia Cué, Morro Tigre, Três Morros, Risso, Morado, Ita Cuá, Yaguarete Cuá, Guyratí e Itapucumí) do rio Paraguai.

Na porção setentrional, exposições de calcários oolíticos desta formação são vistas na estrada que liga as Fazendas Estrella e Sayté. Ocorrem também na Fazenda Primavera, numa extensão de 4 km. Na parte sul da área, predominam calcários de cor cinza, por vezes oolíticos. Em alguns locais, foram observados leitos ou estratos subhorizontais com interdigitações de margas.

No perfil da pedreira da INC (Fig. 9), reconhece-se uma unidade consistindo essencialmente em calcários oolíticos de cor cinza a cinza claro, apresentando acamamento em dobras monoclinais de direção NS e mergulho subhorizontal a subvertical; localmente, distinguem-se brechas intraformacionais de cor cinza escuro com fragmentos retangulares, como aquelas aflorando a 7 km de Vallemí, no flanco SE do Morro Tigre.

Nota-se também que em alguns pontos da área de exposição das rochas desta formação tem lugar o aparecimento de calcários mais magnesianos, exibindo como características gerais a grande diversidade de cor (rosada, amarela, vermelha e branca), a granulação fina e o aspecto maciço. São rochas bastante perturbadas, apresentando, localmente, brechas, zonas silicificadas, veios de óxidos de ferro, estruturas de transposição dos planos de acamamento e, às vezes, estratificação plana. Como ocorrências são citadas as do Cerro Pucú, Morro Tigre, Três Morros, San Lazaro, Santa Elena, Cambájhopo e pedreira da INC.

3.2.5.4.3. Posição estratigráfica

Apesar de a Formação Cambajhopó se estender pela margem oriental do rio Paraguai, o seu contato com o embasamento cristalino, Suíte Centurión e Grupo San Luís não é observado. Na área ocidental do Alto do Apa, as rochas desta formação estão sobrepostas às do Grupo San Luís, em discordância angular. Na porção setentrional, mais precisamente a norte e centro das terras da INC, elas possuem ocorrência restrita, sobrepondo-se aos membros clásticos da Formação Vallemí, unidade que lhe é sotoposta. Em geral, os seus

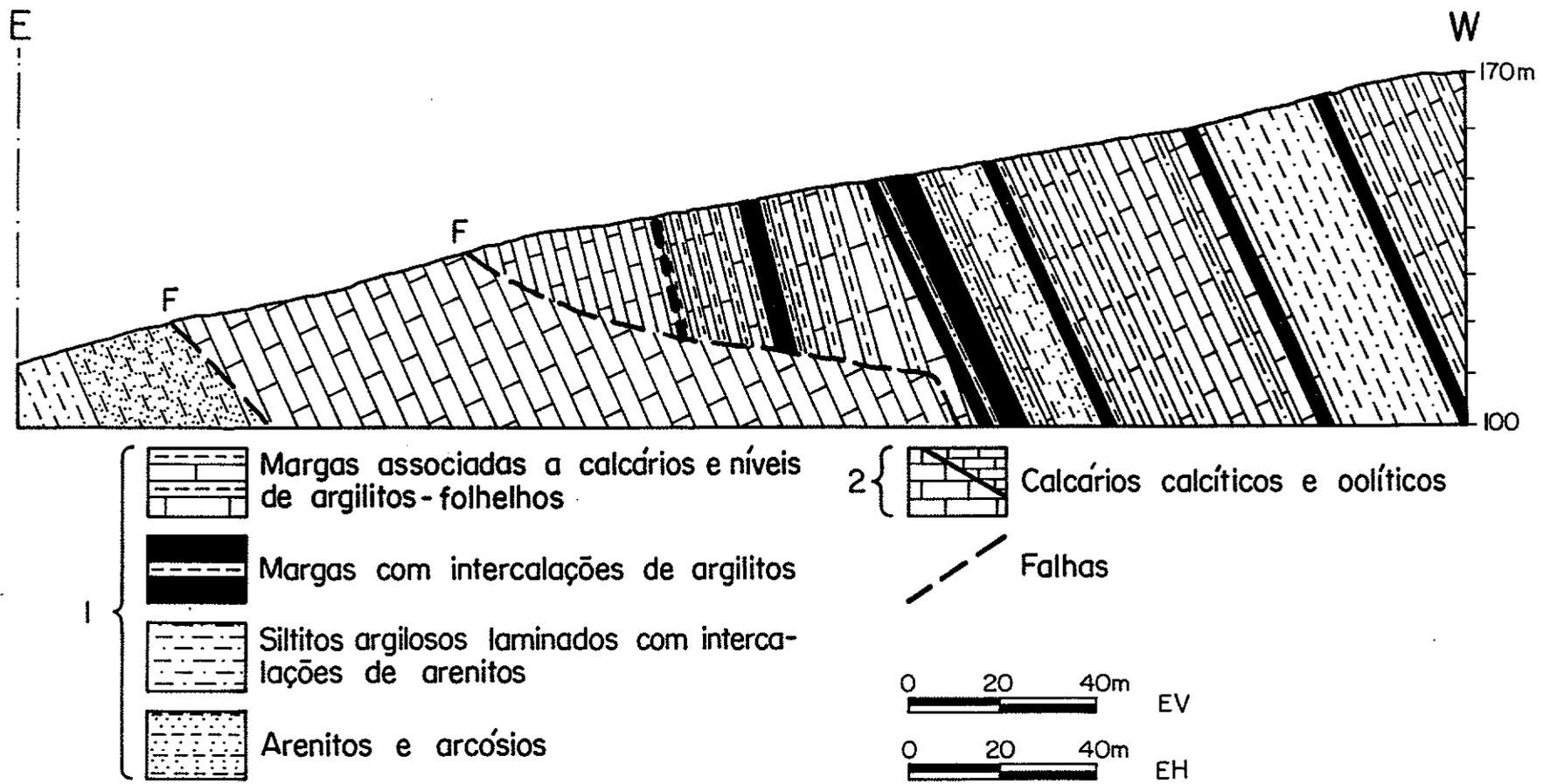


Figura 9 - Secção geológica do Grupo Itapucumi.

contatos são do tipo gradacional e concordante, porém, às vezes, eles se dão por falhas, inversa e/ou de empurrão, como pode ser notado na pedreira de Vallemí. Em seu limite sudoeste, na porção meridional do Complexo do Rio Apa, as rochas desta unidade são penetradas por granitóides da Suíte San Ramón, provocando-lhes alguma ação de contato. Na porção meridional e oriental do Alto do Rio Apa, elas acham-se recobertas por sedimentos da Formação Aquidauana, muito possivelmente em discordância angular, e também por sedimentos quaternários do Grupo Rio Paraguai.

A Formação Cambájhopo posiciona-se no Pré-cambriano Superior a Eo-Cambriano, estando estratigraficamente sobreposta à Formação Vallemí e sotoposta à Formação Aquidauana e sedimentos quaternários (Fig. 5).

3.2.5.4.4. Petrografia

A Formação Cambájhopo é composta quase que exclusivamente por rochas calcárias, podendo conter em alguns locais pequenas intercalações de margas e folhelhos (Fig. 7).

Os calcários são normalmente de cor cinza escuro, granulação fina, e portadores de estratificação plano-paralela. A sua composição química é praticamente constante, com o teor de CaO situando-se entre 50 e 56% e o de MgO entre 5 e 12%. Ao microscópio, apresentam textura em mosaico, com grãos mal cristalizados, e uma mineralogia essencialmente carbonática (>94%). Os acessórios mais comuns são quartzo e apatita.

3.2.6. Suíte San Ramón

3.2.6.1. Generalidades

Putzer (1962) citou a presença de intrusões graníticas (Manchuca Cué, San Carlos e San Luís), pegmatitos e aplitos como resultado da intensa atividade magmática ocorrida no final do Pré-cambriano.

Hutchison (1979b) constatou a existência de rochas cristalinas antigas em zonas de intersecção de falhas, principalmente associadas a uma seqüência calcária. Elas foram por ele incluídas na Província Sudoeste, reunindo calcários sobrepostos por rochas cristalinas que incluem metavulcânicas, mica xistos e granitóides.

Os tipos granitóides, de composição ácida a intermediária, foram agrupados numa unidade designada de Suíte San Ramón. Wiens (1986) foi o primeiro autor a empregar esse termo na literatura geológica da área, ressaltando o seu caráter tecto-magmático e atribuindo-lhe uma idade EoCambriana.

3.2.6.2. Distribuição territorial

A ocorrência destas rochas é muito limitada, restringindo-se à parte W do Complexo do Rio Apa, onde afloram nas imediações do anfiteatro de Centurión (Sierra de San Luís e Guaicurú). Na porção meridional, as exposições são encontradas junto à planície calcária de

Tagatiyá, onde formam colinas alongadas nas proximidades do arroio Alegre até a Fazenda Pyapy. Neste local, a suíte acha-se representada por duas fases, intrusiva e extrusiva (Wiens, 1986). Bons afloramentos da unidade intrusiva podem ser vistos no centro do anfiteatro de Centurión (Morro de Centurión). Essas rochas formam também colinas orientadas segundo NS no trecho compreendido entre a Sierra de Garay/Pyapy e Fazenda Raza. Segundo aquele autor, na Sierra de Garay/Pyapy, elas chegaram a promover mudanças químicas e mineralógicas nas encaixantes como resultado de metamorfismo de contato, transformando-as em "skarns" e "hornfels". Do mesmo modo, verificou-se que a unidade extrusiva aflora em pequenas ocorrências situadas a SW e NE de Centurión, e formando pequenos morros isolados (Emma e Perú) na Fazenda Centurión. Na parte ocidental da Fazenda Rio Ramón, ela acha-se representada por extensas colinas de rochas riolíticas, cobrindo área de 50 km², e introduzidas no Grupo Itapucumí.

3.2.6.3. Posição estratigráfica

As rochas da Suíte San Ramón estão introduzidas em sedimentos clástico-carbonáticos do Grupo Itapucumí. Nas proximidades do Alto de Centurión, elas exibem discordância em relação às do Grupo San Luís. Evidências de metamorfismo de contato foram reconhecidas na intrusão de Centurión, com as vulcanossedimentares encaixantes transformadas em rochas de aspecto cornubianito.

3.2.6.4. Petrografia

Segundo Wiens (1986), esta suíte reúne rochas sin e pós-tectônicas pertencentes a duas fases distintas, intrusiva e extrusiva (Fig. 7).

Suíte intrusiva

Nesta suíte é possível reconhecer granitos pórfiros associados a monzodioritos, principalmente na estrutura do Morro Centurión, ou ainda na Sierra de Garay/Pyapy.

I. Granitos

Estas rochas possuem em geral textura inequigranular porfirítica, com fenocristais de feldspato alcalino, quartzo e plagioclásio; ocasionalmente, textura fluidal se faz também presente. A composição mineralógica reúne principalmente feldspato alcalino, plagioclásio e quartzo e, em menor quantidade, biotita, clorita, zircão, apatita, apatita, rutilo, titanita e opacos; calcita é rara. O feldspato alcalino aparece em quantidade aproximadamente igual à do plagioclásio.

Suíte extrusiva

As rochas desta suíte incluem riólitos, riodacitos, estes aflorando na Sierra de San Ramón e nas terras da Fazenda Centurión (Morro Emma), e dacitos, localizados a NE do Alto de Centurión, mais especificamente no Morro Perú.

I. Riólitos

Estas rochas são holocristalinas e exibem textura inequigranular porfírica típica e fluidal ao lado de matriz afanítica. A composição mineralógica é marcada pela dominância de quartzo, feldspato alcalino e plagioclásio; biotita é mais rara e, em menor quantidade, ocorrem sericita, apatita, clorita, epidoto, zircão e opacos. Feldspatos são os fenocristais mais abundantes, enquanto que a matriz reúne os demais minerais acima citados.

3.3. Grupo Caacupé

3.3.1. Generalidades

As informações disponíveis sobre a constituição geológica do Grupo Caacupé revelam a grande quantidade de pesquisas já realizadas na região, em fases diversas e bem caracterizadas. Elas descrevem aspectos vários referentes a essa seqüência sedimentar, mostrando, no entanto, discrepâncias quanto aos critérios de nomenclatura e de definição da sua posição estratigráfica (Tabela 2). Diversos autores têm utilizado nomes alternativos na categoria de formação para a mesma seqüência deposicional. Como exemplo cite-se a Formação Piribebuy (Harrington, 1950), que tem sido também referida como Formação Tobatí (Harrington, 1972). Conforme o Código de Nomenclatura Estratigráfica Internacional, Harrington (1972) não apresentou justificativa para a mudança do nome da formação e sequer foi sua intenção alterá-lo para Tobatí, o qual foi apenas empregado no mapa. No texto, o

Tabela 2 - Posição cronoestratigráfica do Ordoviciano-Siluriano, segundo dados da literatura.

		A U T O R E S										
G R U P O	F O R M A Ç Ã O	Harrington (1972)	Beder e Windhausen (1918) Oppenheim (1936)	Harrington (1950)	Wolfart (1961) Putzer (1962)	Harrington (1972)	Proyecto PAR 03/005 (1986)	Escobar (1987)	Ciguel (1988)	Milani et al. (1993)	F O R M A Ç Ã O	Orué et al. (1992)
		I T A C U R U B Í	Cariy		Devoniano	Devoniano Inferior				Devoniano		
Vargas Peña					Siluriano Inferior (Landoveriano)						Isia Pucú	Siluriano Inferior
Eusebio Ayala											Boquerón	Landover. D
C A A C U P É	Tobatí			Siluriano Inferior	Ordoviciano	Siluriano Inferior		Ordoviciano			Tobatí	Ordoviciano Superior
	Cerro Jhú										Cerro Jhú	
	Paraguari										Paraguari	

referido autor (Harrington, 1972) manteve a denominação de Piribebuy. Embora exista consenso em relação à nomenclatura formal adotada atualmente, permanecem ainda dúvidas quanto à posição estratigráfica, devido sobretudo ao fato de essas formações serem tidas como afossilíferas. Contudo, Putzer (1962) e Wolfart (1961) mencionaram a presença de traços fósseis em rochas dessa seqüência e o registro icnofossilífero situa algumas das formações na icnofácies Skolithos sensu stricto (Seilacher, 1953, apud Ciguel et al., 1987). Em geral, coube a Harrington (1950) descrever o quadro geológico, fornecendo o esboço estratigráfico e estrutural do Paraguai e, mais especificamente, a caracterização litoestratigráfica das seqüências do Paleozóico. Esse autor fez ainda referência a unidades clásticas sobrepostas em discordância sobre o embasamento na cidade de San Bernardino. Além disso, foi quem recorreu pela primeira vez na literatura geológica do Paraguai ao nome Caacupé para definir a Série Caacupé, composta de conglomerados e arenitos aflorando na Cordillera de Altos, cuja secção tipo foi descrita na localidade de Paraguari, San Bernardino, Caacupé, Piribebuy e Tobatí. Posteriormente, o mesmo autor (Harrington, 1972) dividiu as rochas da seqüência em três unidades litoestratigráficas distintas, às quais chamou de Paraguari, Cerro Jhú e Tobatí, denominação aceita e formalizada segundo o Código de Nomenclatura Estratigráfica do Paraguai (Naciones Unidas, 1987). Quanto à idade do grupo, em geral, admitem como tendo sido depositado no Ordoviciano, em concordância com Wolfart (1961) e Putzer (1962). Por outro lado, determinações K/Ar em rochas vulcanossedimentares do Cristo Redentor permitem situá-las no Ordoviciano Médio (468 Ma, cf. De Min, 1993). Isto leva a sugerir para o Grupo Caacupé uma idade do Ordoviciano Médio a Superior.

3.3.2. Formação Paraguari

3.3.2.1. Generalidades

Harrington (1950) foi o primeiro autor a chamar a atenção para os sedimentos conglomeráticos de Paraguari, tomando-os como a porção inferior da Série Caacupé. Neste trabalho, ele descreveu com riqueza de detalhes os conglomerados irregularmente estratificados em camadas de 1 a 2 m de espessura, com matriz arenosa e intercalações de arenitos feldspáticos de granulação grossa que afloram nas circunvizinhanças daquela cidade. Posteriormente, Harrington (1956) fez referência a conglomerados com 50 m de espessura, que passou a considerar como uma unidade dentro do Grupo Caacupé, ao qual foi atribuída uma idade Siluriana Inferior.

Eckel (1959) confirmou a identidade litológica dessa seqüência essencialmente clástica, que tem início com o conglomerado basal de Paraguari. Essa unidade deposicional, apresentando camadas com espessura de 1 a 50 m, passa lateralmente e em direção ao topo para arenitos conglomeráticos.

Wolfart (1961) referiu-se ao conglomerado basal como de origem fluvial, com a unidade atingindo cerca de 15 m de espessura, e atribuiu-lhe deposição no Ordoviciano.

Putzer (1962) também dele se ocupou, descrevendo a fração clástica como formada de seixos de diversas litologias, como quartzitos, pórfiros, mica xistos etc., além de grânulos de feldspato e quartzo. As camadas variam de espessura de poucos centímetros até um limite de 20 m e ocorrem, geralmente, em horizontes irregularmente distribuídos. Esse autor posicionou esta unidade estratigráfica no Ordoviciano.

Anônimo (1966) reuniu numa só as formações do Siluriano Inferior, englobando-as na categoria de Série, por ele denominada de Cordillera, à vista da área de ocorrência das rochas. Subdividiu a Série em quatro formações, que foram chamadas, da base para o topo, de Caacupé, Eusebio Ayala, Ypacaraí e Itacurubí.

Voltando a se referir à mesma região, Harrington (1972) discorreu de forma mais profunda sobre a Série, dando-lhe a denominação de Grupo, resguardando, porém, o nome Caacupé para as formações essencialmente arenosas, aí incluídos os sedimentos de origem fluvial de Paraguari.

Dyck (1991) atribuiu ao Grupo Caacupé uma sedimentação de 820 m de espessura, em grande parte de origem fluvial e, em particular para o conglomerado basal, indicou um caráter deposicional na forma de "talus fans"; adicionalmente, enquadrou esses sedimentos no Siluriano Inferior. Referindo-se ainda a novos afloramentos na base da Cordillera de Altos, na porção W de Caacupé, citou textualmente a ocorrência de arenitos fluviais do Ordoviciano Superior (alternância de arenitos e argila), e passou a considerar a Formação Ypacaraí como sendo de idade mais antiga, seguida pelo Grupo Caacupé. Esse autor relatou ainda a ausência de rochas carbonatadas associadas como indicativa de um período frio.

Báez Presser (1992), investigando a geologia da região de La Colmena, propôs a caracterização tectônica do flanco ocidental do "rift" de Assunção, de direção EW, dividindo-o em quatro blocos, aos quais chamou de Potrero Alto, San José, Chauria e Acahay. Salientou a ocorrência, no Bloco Potrero Alto, do termo Paraguari em discordância com granitos do Grupo Caapucú.

Diversos autores (Proyecto PAR 83/005, 1986; Escobar, 1987; Ciguel, 1988; Ciguel e Orué, 1990; Orué et al., 1992), em trabalhos mais recentes sobre o Paleozóico Inferior da porção central do Paraguai, defenderam a existência da Formação Paraguari como a unidade inferior do Grupo Caacupé. Segundo eles, ela é caracterizada por uma seqüência de granulação decrescente a partir de um conglomerado basal, passando a arenitos feldspáticos e, na porção superior, a arenitos do tipo sacaróide. Adotaram, também, para a unidade uma idade Ordoviciano, em concordância com Wolfart (1961) e Putzer (1962).

3.3.2.2. Distribuição territorial

A Formação Paraguairí ocorre de maneira descontínua e irregular no flanco oriental do "rift" de Assunção (Vale de Ypacaraí), aflorando na base dos relevos mais escarpados da Cordillera de Altos e se estendendo desde as proximidades a N de San Bernardino até o S ao redor de Paraguairí. Em geral, formam corpos pequenos, daí a maior dificuldade para a sua observação.

Os afloramentos mais significativos estão presentes na descida da Cordillera de Altos, na rodovia que liga Piribebuy a Paraguairí. Ali, a Formação ocorre à margem direita da estrada, formando pequenos morros, e se mostra constituída por conglomerados polimíticos de cor amarela a avermelhada, com seixos variados de quartzo, quartzito, pórfiros e mica xisto. A W dessa área, apresenta-se sobreposta às rochas vulcanossedimentares do Cristo Redentor.

Na cidade de San Bernardino, onde afloram exclusivamente as rochas ígneas pertencentes ao Grupo Caapucú, a sua unidade conglomerática pode ser vista, numa extensão aproximada de 500 m, sobreposta aos granitos.

Outras ocorrências são encontradas na estrada que liga as localidades de Acahay, La Colmena (Bloco Potrero Alto), Quiindy, Ybycuí e Quyquyhó e na região do lago de Ypoa.

3.3.2.3. Posição estratigráfica

A posição estratigráfica da Formação Paraguairí na área acha-se bem definida face ao fato de as suas relações de contato (capa e lapa) se darem com rochas de idades diferentes (Fig. 5). O contato inferior mostra discordância litológica, em superfícies irregulares erodidas, com rochas vulcanossedimentares do Cristo Redentor. No flanco oriental do "rift", nos arredores de San Bernardino, acham-se superpostas às rochas graníticas do Grupo Caapucú, o mesmo sucedendo na parte ocidental junto à La Colmena (Bloco Potrero Alto). Além disso, outras exposições similares podem ser observadas em Ybycuí, Quyquyhó e Quiindy. O contato superior com a Formação Cerro Jhú se dá concordantemente, de forma gradual e interdigitada, com os melhores afloramentos sendo encontrados em San Bernardino, no povoado Colón, na estrada ligando Piribebuy a Paraguairí e ao sul de La Colmena.

3.3.2.4. Petrografia

A composição da Formação Paraguairí é marcada pela predominância de sedimentos sílico-clásticos de granulação média a grossa, tendo conglomerados e arcósios como principais tipos litológicos (Fig. 10).

Níveis de conglomerados foram caracterizados como ortoconglomerados oligomíticos de granulação grossa, contendo blocos, seixos esféricos e arredondados, além de intercalações exibindo estratificação cruzada, evidenciada por lâminas de arenito arcosiano, nas proximidades de Cerro Mbatoví. Os arcósios constituem o termo litológico de menor

-Aluviões atuais: Areias grossas a finas, siltes, argilas, seixos arredondados na base e cascalhos mal selecionados		
-Formação Santa Rosa: Sedimentos arenosos, silto-argilosos, areno-conglomeráticos, semiconsolidados		
-Formação San Lázaro -Conglomerados e tufos calcíferos e calcários concrecionários	Sedimentos Detríticos -Conglomeráticos, areno-siltosos e lateritos ferruginosos	
-Formação Patiño: Arenitos finos a grossos, quartzosos, unidade basal fanglomerática, conglomerática e localmente silicificadas		
MAGMATISMO ALCALINO		<i>Província Assunção</i>
-Nefelinitos a ankaratitos (sódicos), porfíricas, com nódulos de natureza mantélica (Iherzolitos a dunitos)		
-Formação Acaray: Arenitos finos a médios, róseos, quartzosos, micáceos, semi-alterados, com níveis conglomeráticos e argilosos		
-Arenito pós-intrusivo: Sedimentos finos a grossos, fanglomeráticos, brechados e localmente silicificados		
-Formação Alto Paraná: Derrames basálticos e andesibasálticos, textura afírica a subafírica, TiO ₂ entre 2% e 3%		
MAGMATISMO ALCALINO		<i>Província Misiones</i>
- Nefelinitos (sódicos), porfíricos, com nódulos de natureza mantélica (dunitos)		
-Formação Misiones: Arenitos finos a médios, vermelhos, quartzosos, conglomeráticos na base, estratificação cruzada e planar		
MAGMATISMO ALCALINO		
-Intrusivas:	Gabros alcalinos, essexitos, olivina sienogabros, malignitos, sienodioritos e nefelina sienitos	<i>Províncias</i>
-Extrusivas:	Basaltos alcalinos, tefritos, traquiandesitos, traquifonolitos, traquitos e fonolitos	<i>Central</i>
-Intrusivas:	Piroxenitos, shonkinitos, nefelina sienitos, sienitos e carbonatitos	<i>Amambay</i>
-Intrusivas:	Sienitos e nefelina sienitos	<i>Alto Paraguai</i>
-Extrusivas: traquitos e lamprofitos		
GRUPO INDEPENDENCIA		
-Formação Tacuary: Arenitos finos, intercalações de siltitos, folhelhos, localmente calcíferos		
-Formação San Miguel: Arenitos finos, intercalações de siltitos, argilitos e arenitos, estratificação cruzada		
GRUPO CORONEL OVIEDO		<i>Formação Aquidabán</i>
-Diamictitos, tilitos, varvitos, arenitos e folhelhos		-Arenitos, matriz siltico-arenosa-argilosa com estratificação cruzada
ARROYOS ESTEROS		
-Arenitos conglomeráticos e arenitos médios a grossos, brancos, caolínicos, com estratificação cruzada		
GRUPO ITACURUBÍ		
-Formação Isla Pucú: Siltitos, argilitos, folhelhos, cinza-esverdeados, micáceos e glauconíticos		
-Formação Eusebio Ayala: Arenitos finos, róseo-marrom a amarelo-avermelhados, laminados, micáceos, argilosos, fossilíferos, bem estratificados		
-Formação Boquerón: Tilitos, brancos, com matriz siltica, argilosa ou arenosa, contendo grânulos e seixos olimícticos		
GRUPO CAACUPÉ		
-Formação Tobati: Arenitos finos a médios, brancos a amarelados, aspecto sacaroidal, quartzosos e, em parte, argilosos		
-Formação Cerro Jhú: Arenitos médios a grossos, branco a amarelo-claros, feldspáticos e pouco cimentados		
-Formação Paraguari: Conglomerados irregularmente estratificados de 1 a 2 m, intercalados com arenitos feldspáticos grossos, com estratificação cruzada		

Figura 10 - Coluna litoestratigráfica do Paleozóico ao Quaternário.

expressão, tendo suas principais ocorrências associadas a ortoconglomerados; em geral, são mal selecionados, de granulação média a grossa, e portadores de fragmentos subangulosos a angulosos, indicando área fonte próxima. A coloração vai de cinza a rósea e os grãos acham-se cimentados por argila e, por vezes, sílica. Localmente, apresentam estratos de potência média, decrescendo gradativamente em direção ao topo, quando incluem lâminas de granulação mais fina, às vezes com estratificação cruzada, limitadas por superfícies erosivas. Ocorrem preferencialmente no lado oriental do "rift" em particular no município de San Bernardino e na descida da estrada que liga Piribebuy a Paraguari. Menciona-se para essas rochas espessura da ordem de 50 m, conquanto em alguns locais o valor seja bem menor.

3.3.2.5. Litogênese

Para a área abrangida no presente trabalho, acredita-se que a origem da Formação Paraguari esteja ligada a uma deposição em ambiente continental, apresentando ampla dispersão de detritos por influência de processos fluviais. Admiti-se, ainda, a existência de área fonte de relevo considerável, necessária para prover os blocos e o processo deposicional em calhas de alta energia, típicas de cursos de configuração anastomosada em regiões com declividade acentuada, levando à formação de barras longitudinais e dificultando a existência de bacias de inundação de modo a permitir a sedimentação argilosa.

3.3.3. Formação Cerro Jhú

3.3.3.1. Generalidades

Esta formação foi descrita por Harrington (1950) nas imediações de Piribebuy, Carapeguá, Quiindy, Ybycuí e Caacupé. É composta de arenitos feldspáticos, homogêneos, de cores claras, em geral branca a amarelo-avermelhada, e de granulação fina a média. Os sedimentos apresentam grãos arredondados e pouco cimentados, além de estratificação em camadas finas, principalmente com laminação cruzada a subparalela. A espessura foi estimada em cerca de 450 m. Neste mesmo trabalho, procurou reunir numa só as diferentes litologias que constituem os sedimentos que denominou inicialmente de arenito Piribebuy, incluindo-as na Série Caacupé.

Eckel (1959) referiu-se à Série Caacupé como formada essencialmente de arenitos arcosianos. Wolfart (1961) reconheceu a existência de camadas silurianas de 1000 a 1200 m de espessura e distinguiu na seqüência deposicional uma porção inferior, de origem continental, com idade Ordoviciano a Siluriano, e mostrando espessura no mínimo de 700 a 820 m; ela reúne arenitos arcosianos com estratificação cruzada e granulometria variável.

Putzer (1962) descreveu um conjunto de sedimentos conglomeráticos passando de modo gradativo a arenitos arcosianos, que chamou de arenitos de Caacupé, imediatamente sobrepostos ao embasamento cristalino. Assinalou, ainda, que os arcósios desta formação

consistem predominantemente em arenitos grosseiros, arcósios e, em menor proporção, conglomerados e pelitos.

Anônimo (1966) usou o termo arenito arcosiano para designar os arenitos da região de Carapeguá-Quiindy, propondo, ainda, a inclusão da Formação Caacupé na Série Cordillera.

A denominação de Formação Cerro Jhú foi, primeiramente, empregada por Harrington (1972) para designar um conjunto de sedimentos clásticos, de origem marinha a pequena profundidade, apresentando espessura de quase 500 m e conhecido, junto à região da Cordillera de Altos, como arenito Piribebuy.

Dyck (1991) ressaltou as diferenças existentes nos arenitos de Caacupé quanto ao ambiente deposicional. Nesse contexto, o ambiente da Formação Cerro Jhú foi definido como correspondendo a depósitos fluviais de zonas de maré, com a unidade posicionada no Landoveriano Inferior.

Báez Presser (1992) tratou muito superficialmente esta formação, limitando-se a descrever seus afloramentos nos Blocos San José e Chauria, na parte meridional do município de La Colmena.

Por sua vez, diversos autores (Proyecto PAR 83/005, 1986; Escobar, 1987; Ciguel, 1988; Ciguel e Orué, 1990; Orué et al., 1992), investigando a mesma região, teceram comentários sobre as rochas não-dobradas desta formação, tida como a unidade média do Grupo Caacupé. Ela foi definida como uma seqüência gradacional representada por uma deposição fluvial na base que evoluiu para marinha rasa em direção ao topo; litologicamente, tem-se a concomitante transição de arenitos feldspáticos para arenitos de aspecto sacaroidal. Quanto à sua idade, é advogada uma deposição no Ordoviciano, de acordo com as conclusões prévias de Wolfart (1961) e Putzer (1962).

3.3.3.2. Distribuição territorial

Na margem oriental do "rift" (Vale de Ypacaraí), a Formação Jhú acha-se distribuída amplamente por toda a área abrangida pela Cordillera de Altos, sobretudo nos relevos das escarpas erosivas. Ela se estende na direção NW-SE, apresentando-se, na porção oriental da Cordillera, encoberta por sedimentos da Formação Tobatí.

Na zona meridional, as exposições dos membros inferior e superior desta unidade são encontradas ao longo da rodovia que liga Piribebuy a Paraguairí. Nesta estrada, afloram na base da seqüência arenitos arcosianos, de granulação grossa e cor amarela, passando no topo a arenitos de granulação média, com estratificação cruzada e direção de acamamento variando de 2° a 5° para E. As sondagens executadas pela Anschutz (1981) na área tipo (poço 288 R1) indicaram espessura de 230 m, em contraste com os 450 m propostos por Dyck (1991).

Para o norte, essas ocorrências se estendem numa faixa orientada segundo NW-SE, sendo mapeáveis na localidade de Nueva Colombia para desaparecer a N da Fazenda San Luís. Neste local, afloram arenitos arcossianos, de granulação média, com estratificação cruzada.

Outros afloramentos podem ser vistos na área de Villeta, Roque González de Santa Cruz, Acahay, Ybycuí e La Colmena, nos Blocos Potrero Alto e San José.

3.3.3.3. Posição estratigráfica

O posicionamento desta unidade na área está bem estabelecido em virtude das suas relações de capa e lapa (Fig. 5). O termo arenoso arcossiano exibe em sua porção inferior contato concordante. Já o contato superior é nitidamente discordante com arenitos de aspecto sacaróide da Formação Tobatí (Companhia Minas-Emboscada). Bons afloramentos são observados, numa faixa de orientação NW-SE, tendo como limite sul os municípios de Paraguari e Piribebuy; por sua vez, o limite norte localiza-se na estrada que liga San Bernardino; Altos e Nueva Colombia à Fazenda San Luís.

Na porção SE, mais precisamente a leste do Cerro Jhú, junto à pedreira de Soto Ruguá, esta formação apresenta contato discordante do tipo litológico com rochas intrusivas alcalinas; adicionalmente, com diabásios no município de La Colmena, nos Blocos Potrero Alto e San José.

3.3.3.4. Petrografia

As rochas silico-clásticas da Formação Cerro Jhú afloram ao longo de toda a sua área de ocorrência, embora tenham como exposições mais características as visíveis na descida da Cordillera de Altos. Nestas, ressalta-se a presença de arenitos arcossianos (Fig. 10), com pacotes maciços de médio e grande porte (5 a 25 m de espessura), por vezes estratificados e exibindo acamamento plano-paralelo, predominando na porção inferior da unidade. Na sua parte superior, é também comum a presença de camadas lenticulares de caráter gradacional, com conglomerados na base passando a rochas clásticas mais finas, de natureza siltico-argilosa, intercaladas nos arenitos.

A secção inferior da formação é caracterizada pela dominância de arenitos quartzo-feldspáticos, mal selecionados, mostrando cor clara e manchas escuras ferruginosas. Em geral, eles contêm intercalações de material siltico-argiloso a micáceo, e correspondem ao seu pacote de maior porte.

Por outro lado, a superior tem como litologia mais expressiva sedimentos arenosos, com lentes de siltitos e argilas, na forma de pacotes de grande espessura, acima de 25 m, passando a arenitos quartzosos, friáveis, mal selecionados e pouco cimentados.

3.3.3.5. Litogênese

Parece não haver divergência na literatura quanto à natureza fluvial do ambiente de deposição da Formação Cerro Jhú. Em áreas onde a sua coluna litológica se mostra mais completa, foram observados sedimentos de granulometria decrescente. Nota-se também a presença de camadas arenosas de granulação grossa assentadas discordantemente sobre arenitos maciços, a indicar um ambiente onde as correntes de água são altamente variáveis em competência e capacidade de transporte, denunciando, assim, uma área com predomínio de depósitos de canais de alta energia que é comum a regimes fluviais.

3.3.4. Formação Tobatí

3.3.4.1. Generalidades

Harrington (1950) fez a integração da seqüência silico-clástica, constituída pelos arenitos de Piribebuy, conservando o nome Série Caacupé. Assim, a idade do membro Piribebuy foi definida, com base em evidências paleontológicas encontradas na pedreira de Vargas Peña e Cerro Aparipy, como sendo do Siluriano Inferior. Esses fósseis do Cerro Aparipy haviam sido estudados inicialmente por Beder e Windhausen (1918), que concluíram tratar-se de Acaste (Calmonia) subseciva Clarke, de idade Devoniana, e, posteriormente, descritos por Harrington (1950) como Calymene boettneri s.n., sugerindo para eles idade Siluriana. Não obstante, Harrington (1950) cometera o erro de incluir os termos argilososossilíferos da Série Itacurubí, de idade Siluriana, na Série Caacupé sotoposta.

Eckel (1959) descreveu sedimentos de textura do tipo sacaróide aflorando na área central do Paraguai como arenitos de Caacupé. Wolfart (1961) e Putzer (1962) chegaram à mesma conclusão daquele autor, muito embora Anônimo (1966) tenha incluído os arenitos da Formação Caacupé na Série Cordillera.

Harrington (1972), no entanto, definiu a unidade superior dos arenitos de Piribebuy como pertencente ao Grupo Caacupé, dando-lhe a denominação de Formação Tobatí. São rochas de cor amarela, granulação fina a média, textura sacaróide, friáveis e apresentando estratificação fina, localmente cruzada. A unidade alcança cerca de 250 m de espessura e o seu ambiente de deposição é do tipo marinho raso.

Dyck (1991) abordou o ambiente deposicional desta formação, que interpretou como o resultado de transporte, deposição e resseleção por rios, e adotou para a unidade uma idade Siluriana Inferior.

Báez Presser (1992) chamou a atenção para a presença destas rochas, sobrepostas às da Formação Cerro Jhú, na região de La Colmena.

Coube, porém, a diversos autores (Proyecto PAR 83/005, 1986; Escobar, 1987; Ciguel, 1988; Ciguel e Orué, 1990; Orué et al., 1992) a qualificação mais precisa das características

gerais desta formação, contendo camadas não dobradas, do Grupo Caacupé. Ela se mostra constituída essencialmente por arenitos conglomeráticos com icnofósseis da fácies Skolithos, além de representada por uma seqüência deposicional continental fluvial na base, passando para marinha rasa. Atribuíram a estas rochas uma idade provavelmente Ordoviciano, em concordância com as conclusões de Wolfart (1961) e Putzer (1962).

3.3.4.2. Distribuição territorial

A Formação Tobatí ocupa toda a parte oriental da Cordillera de Altos, estendendo-se continuamente numa faixa NW-SE. Ao sul, seus afloramentos acham-se limitados às proximidades de Sapucaí, mais precisamente aos relevos escarpados da borda EW do "rift" de Assunção. Na direção norte, apresenta alguma continuidade até os arredores de Emboscada, aparecendo, então, como áreas isoladas circundadas pelos sedimentos quaternários da Formação Santa Rosa.

Bons afloramentos podem ser vistos na rodovia N° II, que liga Assunção à cidade de Caaguazú. Nesta, a 3 km para W de Caacupé até as imediações de Eusebio Ayala, afloram arenitos de coloração clara, granulação média, pouco cimentados e com níveis de nódulos de argilas e lâminas de argilas micáceas. Adicionalmente, no acesso ao município de Piribebuy até Ita Morotí, ocorrem arenitos brancos, de granulação fina a média, friáveis e aspecto sacaroidal.

Da área central para o norte, as ocorrências são mapeáveis ao longo da estrada que sai do povoado de Altos para Nueva Colombia e Emboscada, bem como de Altos para Tobatí até Caacupé. Outros afloramentos podem ser encontrados na região de Carapeguá até próximo do povoado de Tebicuary-mí, correspondendo ao flanco sul do "rift". Nesta região, os afloramentos representam a extremidade sul da seqüência sílico-clástica, não dobrada, do Ordoviciano. Assim, o conjunto de relevos dispostos na direção EW ao sul de La Colmena, abrangendo um corpo principal, caracterizado como Blocos Potrero Alto, San José e Chauria (Báez Presser, 1992), é formado pelas unidades arenosas da Formação Tobatí.

3.3.4.3. Posição estratigráfica

Na parte ocidental da Cordillera de Altos, as rochas da Formação Tobatí acham-se superpostas em contato discordante com os arenitos Cerro Jhú (Fig. 5). Apesar desta formação apresentar razoável extensão na área, o seu contato superior com a Formação Boquerón, unidade que lhe é sobreposta, não foi observado. Em contraste nítido com os arenitos da Formação Tobatí, esta unidade se mostra constituída por uma seqüência essencialmente erosiva de areno-tilitos para a qual é sugerido um ambiente de deposição fluvioglacial. Segundo Assine e Soares (1989, apud Soares, 1991), a idade de glaciação do limite Ordoviciano-Siluriano é de 425 Ma.

Na porção central e meridional, nas imediações de Soto Ruguá e do complexo de Acahay, esta unidade é cortada por rochas alcalinas, exibindo evidências nítidas de metamorfismo de contato. Além disso, outras ocorrências nos Blocos Potrero Alto e San José apresentam contato discordante do tipo litológico com diques de diabásio. Para o norte, nas vizinhanças do rio Paraguai, junto à região de Emboscada, as rochas da Formação Tobatí estão parcialmente recobertas por sedimentos quaternários da Formação Santa Rosa e por aluviões atuais.

3.3.4.4. Petrografia

Na porção oriental da Cordillera de Altos e da faixa de afloramentos da Formação Cerro Jhú, onde estão as melhores exposições desta unidade, verifica-se que ela consiste essencialmente em sedimentos arenosos (Fig. 10) de coloração clara, em que se reconhecem duas seções clásticas.

A inferior é caracterizada pela predominância de estratos de arenitos retrabalhados de cor parda-amarelada, granulação média a grossa, pouco cimentados e mal selecionados, com fragmentos angulosos a subangulosos, e mostrando níveis com nódulos de argilas (shale clasts) e lentes de argilas micáceas com espessura variando entre 0,30 e 2 m .

A superior mostra presença dominante de arenitos friáveis, com textura do tipo sacaróide e granulação fina a média. Eles são bem selecionados, pouco arredondados, e se apresentam parcialmente silicificados; por vezes, contêm material carbonático. Acamamento em lâminas finas, localmente exibindo estratificação cruzada de grande porte e baixo ângulo, é também reconhecido.

3.3.4.5. Litogênese

Em função da distribuição vertical dos tipos litológicos, das estruturas sedimentares e fósseis presentes, indica-se para as rochas da Formação Tobatí um ambiente deposicional de águas rasas, na zona de intermarés, não descartando-se, contudo, a possibilidade da existência de um sistema fluvial.

3.4. Grupo Itacurubí

3.4.1. Generalidades

Os trabalhos discutidos nesta parte do trabalho, além das citações pontuais feitas em outras seções, formam um conjunto de referências bibliográficas suficientes para o melhor conhecimento da seqüência sedimentar que integra o Grupo Itacurubí (Tabela 3). Vistas no todo, elas cobrem aspectos geológicos, estratigráficos e paleontológicos. Beder e Windhausen (1918) foram os primeiros autores a se ocuparem dessa unidade, descrevendo, na região de Arroyos Esteros, uma fina e persistente camada de arenito micáceo, com alternância de material argiloso, contendo fósseis atribuídos ao Devoniano. Muito

provavelmente, essa observação levou Oppenheim (1936) a reclassificar os arenitos de Arroyos Esteros como sendo de idade Devoniana. Posteriormente, Harrington (1950) incluiu na Série Itacurubí argilas, encontradas na pedreira de Vargas Peña, na área de Ypacaraí, em adição aos arenitos com intercalações de argilas que ocorrem nas imediações de Eusebio Ayala e Caragatay. Wolfart (1962) distinguiu nesta unidade um termo superior constituído por arenitos de granulação fina a média, com alternância de argilas e siltitos, de formação marinha, e apresentando idade Landoveriana como indicado pelo seu conteúdo fóssilífero; segundo ainda esse autor, a unidade chega a atingir 370 m de espessura. Anônimo (1966) atribuiu-lhe idade do Siluriano Inferior e englobou-a na Série Cordillera. Analisando as variações litoestratigráficas, Harrington (1972) procurou reunir essa litologia sílico-clástica de idade Landoveriana numa única unidade, na categoria de grupo, que denominou de Itacurubí. Este, por sua vez, foi subdividido em três formações, às quais chamou, da base para o topo, de Eusebio Ayala, Vargas Peña e Cariy.

Essa coluna litoestratigráfica estabelecida por Harrington (1972) foi mantida por diversos autores (Proyecto PAR 83/005, 1986; Escobar, 1987; Ciguel et al., 1987; Ciguel, 1988; Ciguel e Orué, 1990; Dyck, 1991) que, posteriormente, vieram a trabalhar na região. Dessa forma, a litologia do Grupo Itacurubí se mostra constituída essencialmente por arenitos finos micáceos, argilosos, que passam para pelitos fóssilíferos, e arenitos micáceos, argilosos, fóssilíferos, interpretados como marinhos regressivos. Quanto à idade, o grupo é geralmente admitido como tendo sido depositado no Siluriano Inferior (Landoveriano), como sugerido por Wolfart (1961) e Putzer (1962).

Mais recentemente, Orué et al. (1992) promoveram profunda modificação na estratigrafia do Grupo Itacurubí ao reconhecer três tipos de unidades, sendo a inferior e a superior distintas daquelas propostas por Harrington (1972). Esses autores (Orué et al., 1992) sugeriram, para a área de La Cordillera, o nome Formação Eusebio Ayala em substituição aos termos Vargas Peña e Cariy, e o posicionamento das Formações Boquerón e Isla Pucú, respectivamente, como a unidade inferior e superior do Grupo Itacurubí. A argumentação utilizada por esses autores foi a de que as litologias anteriormente descritas e individualizadas como Formações Vargas Peña e Cariy teriam as mesmas condições de formação, além de características estruturais semelhantes, às da Formação Eusebio Ayala.

A fundamentação para a mudança proposta baseou-se nos seguintes pontos;

- não foram individualizadas, junto ao flanco oriental da área siluriana, as duas unidades do Grupo Itacurubí sugeridas por Harrington (1972);
- o flanco oriental da área siluriana apresenta seqüência deposicional episódica;
- a passagem deposicional de um membro para outro é feita de forma cíclica;

- a perfeita continuidade deposicional da Formação Eusebio Ayala, com as unidades Vargas Peña e Cariy sobrepostas;

- os termos Vargas Peña e Cariy foram considerados apenas como horizontes bio e cronoestratigráfico.

- a supressão de um ou dois membros associados pode se dar por variações laterais e espessuras diferentes segundo o ambiente de deposição.

- a Formação Eusebio Ayala é caracterizada por uma alternância de siltitos, argilas, siltitos e arenitos, passando discordantemente para arenitos, siltitos e argilitos do termo Isla Pucú.

3.4.2. Formação Boquerón

3.4.2.1. Generalidades

O Grupo Itacurubí foi descrito como sendo formado inteiramente de sedimentos clásticos, apresentando pequena variação granulométrica. Predominam arenitos estratificados de granulação fina a média (Proyecto PAR 83/005, 1986). Neste trabalho foram descritos arenitos e arenitos conglomeráticos (seixos de 4 cm), aflorando numa pedreira a 6 km de Eusebio Ayala, na direção de Itacurubí de la Cordillera. Conforme indicado pelos sedimentos, reunindo também intercalações de folhelhos da Formação Eusebio Ayala, essas rochas foram interpretadas como sendo de origem continental e formadas por deposição fluvial.

Diversos trabalhos, alguns a nível de detalhe, sobre o Grupo Itacurubí (Harrington, 1950, 1972; Wolfart, 1961; Putzer, 1962; Escobar, 1987; Ciguel et al., 1987; Ciguel (1988); Ciguel e Orué, 1990) procuraram descrever as suas variações litológicas e faciológicas. Contudo, de maneira geral, esses trabalhos mantiveram a coluna estratigráfica sugerida por Harrington (1972). Apesar disso, registre-se a tentativa de Dyck (1991) no sentido de introduzir um ambiente glacial ou fluvioglacial para os conglomerados da Formação Paraguari. Esse autor chegou ainda a comentar as similaridades exibidas por alguns tipos petrográficos desta unidade basal com material glacial, lembrando, porém, a inexistência de quaisquer indícios de sedimentos glaciais no pacote inferior.

Um dos poucos trabalhos se ocupando da caracterização da discordância pré-siluriana foi o de Orué et al. (1992) para o Projeto Paleozóico Inferior. Esses autores reconheceram uma seqüência de sedimentos clásticos e a dividiram em duas unidades litoestratigráficas: a inferior, constituída por arenitos de granulação média a grossa com matriz argilosa; e a superior, composta essencialmente de tilitos com matriz siltica, argilosa ou arenosa de origem fluvioglacial.

3.4.2.2. Distribuição territorial

No pacote de sedimentos do Grupo Itacurubí (Fig. 11), a Formação Boquerón é a unidade

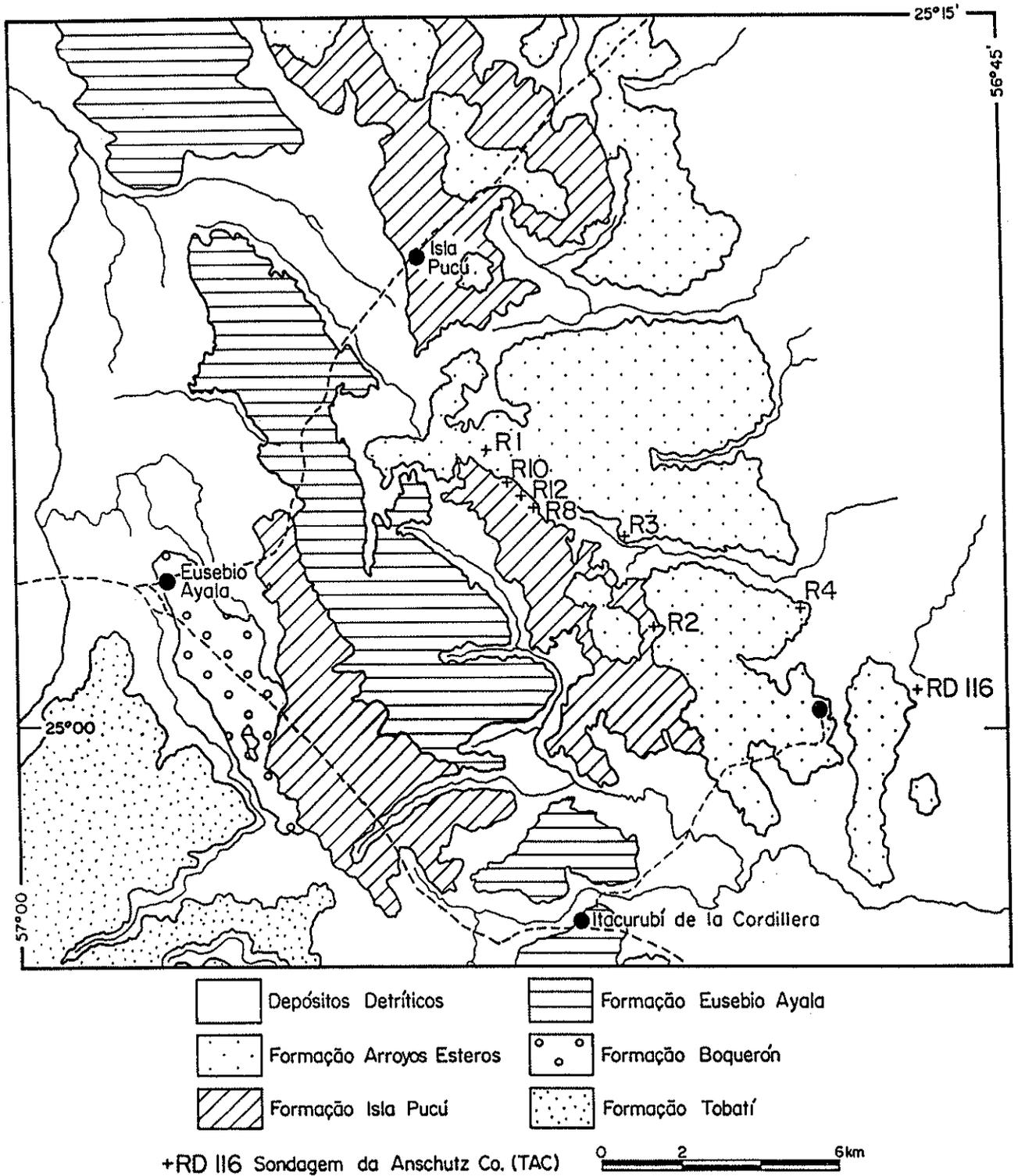


Figura 11 - Mapa geológico das unidades silurianas a devonianas (extraído de Orué et al., 1992).

que ocupa menor área. De uma superfície de cobertura de sedimentos paleozóicos de aproximadamente 2100 km², os arenitos e tilitos desta unidade perfazem apenas 10 km², ou seja, 0,5 % do total. Na região em questão, a ocorrência destas rochas é muito limitada, restringindo-se à parte SE do município de Eusebio Ayala, onde afloram nas redondezas dos povoados de Boquerón e Capilla Loma. Ali, elas formam ondulações orientadas na direção NW-SE, conhecidas como Cerro Caaby-Cupe, e caracterizadas como pequenas cuestas abruptas (penhascos). Estas cuestas de arenitos e tilitos são nítidas, com desníveis relativos da ordem de 70 m, e atingindo altitudes entre 130 a 200 m. Embora na porção S, na margem direita do arroio Piribebuy, existam trechos marcados pela presença de superfície na forma de rampa, apresentando localmente zonas em coalescência com o piso do relevo regional.

Orué et al. (1992), em seu trabalho de mapeamento preliminar do Paleozóico Inferior, reconheceram a existência de arenitos de granulação média a grossa, cor clara, com matriz siltica e argilosa, e contendo geralmente seixos de quartzo e argilito. Trata-se de afloramentos alcançando cotas altimétricas da ordem de 70 m, como no trecho alongado no extremo SW do povoado de Boquerón e em pequenas áreas no município de Eusebio Ayala, estas erroneamente interpretadas como correspondendo aos arenitos do termo Eusebio Ayala.

Outras ocorrências desta formação são encontradas numa pequena pedreira na direção W do povoado de Zanja Pytá, bem como na estrada que liga os municípios de Guarambaré e Nueva Italia.

3.4.2.3. Posição estratigráfica

A Formação Boquerón se assenta de modo discordante sobre os arenitos da Formação Tobatí (Fig. 5). A principal característica dessa discordância reside na descontinuidade litológica entre os pacotes arenosos sotopostos e a unidade fluvioglacial sobreposta. Quanto à existência de contato discordante ao final do ciclo Ordoviciano-Siluriano, entendeu-se ter havido um importante episódio regressivo que deu origem à discordância pré-devoniana, sobre a qual se depositou a seqüência transgressiva da Formação Eusebio Ayala. Embora não tivesse sido observada, essa inconformidade é inferida à luz da glaciação ocorrida entre o final da deposição do termo Tobatí (Ordoviciano) e o início da unidade Boquerón (Siluriano), de origem fluvioglacial. O contato superior com a Formação Eusebio Ayala é discordante erosivo. Igualmente, a existência de eventos de natureza glacial no Ordoviciano-Siluriano (Assine e Soares, 1989, apud Soares, 1991) aponta para um episódio regressivo de caráter regional, à semelhança do corrido na Argentina e África. No presente trabalho, propõe-se formalmente o enquadramento da unidade segundo o Código de Nomenclatura Estratigráfica do Paraguai (Naciones Unidas, 1987).

3.4.2.4. Petrografia

Os melhores afloramentos desta formação são encontrados às margens do arroio Piribebuy, estendendo-se na direção NE por aproximadamente 1,5 km até o limite do contato com a Formação Eusebio Ayala, próximo à rodovia N°II. Neste local, identificou-se (Fig. 10) de forma geral duas seções litológicas distintas, e referidas previamente como inferior e superior. A inferior mostra predominância de arenitos maciços, por vezes friáveis, de cor branca a amarela, granulação média a grossa, com matriz argilosa e, por vezes, contendo seixos de quartzo; adicionalmente, eles são mal selecionados, com estratificação irregular na base passando para laminações paralelas junto ao topo. Esta mudança se faz também acompanhar pela variação decrescente da granulometria.

Na superior, o predomínio é para os arenitos de coloração clara, granulação grossa e fragmentos subarredondados, mal selecionados, caolínicos, e portadores de matriz siltica, argilosa ou arenosa. Eles contêm também intercalações de conglomerados oligomíticos, com seixos estriados mostrando forma esférica e facetas planas, e orientados paralelamente à direção do fluxo detrítico (debris flows). Esses depósitos estratificados, trazendo tilitos associados, são produtos de retrabalhamento das camadas precedentes.

3.4.2.5. Litogênese

Os tilitos, parte da seqüência ordoviciana-siluriana, tendo como características principais a heterogeneidade textural de seus componentes clásticos, grânulos e seixos, com intercalações plano-paralelas de argilitos laminados, atestam o ambiente deposicional fluvioglacial da Formação Boquerón.

3.4.3. Formação Eusebio Ayala ×

3.4.3.1. Generalidades

A Formação Eusebio Ayala é composta por uma seqüência detrítica, envolvendo camadas descritas inicialmente por Harrington (1950) e reunidas dentro da Série Itacurubí, a unidade que agrupa as rochas devonianas do Paraguai. Naquela seqüência estão incluídos arenitos estratificados com argilitos na base, passando a arenitos feldspáticos, igualmente de granulação fina, no topo. Estes últimos são friáveis, pouco cimentados, de cor amarela a arroxeada, e tidos por aquele autor como o verdadeiro horizonte-guia na área de Eusebio Ayala, Itacurubí e Caraguatay.

Para Wolfart (1961) e Putzer (1962), os arenitos de Eusebio Ayala formam a capa das unidades ordovicianas na região, estando incluídos na Formação Eusebio Ayala. Wolfart (1961) referiu-se à presença nessas rochas de icnofósseis *Arthropycus alleghaniensis* e graptozóarios *Climacograptus innotatus brasiliensis*, com distribuição cronológica no Landoveriano Inferior. Introduzindo modificações na coluna estratigráfica, Harrington (1972)

posicionou as Formações Eusebio Ayala, Vargas Peña e Cariy, respectivamente, indo da base para o topo da seqüência, no Grupo Itacurubí.

Alguns autores também se ocuparam destas rochas, sem, contudo, sugerir qualquer mudança na coluna proposta por Harrington (1972). Segundo Ciguel et al. (1987), esta formação apresenta icnofósseis da fácies Skolithos, levando a supor a ocorrência de uma sedimentação episódica, aparentemente originária em um ambiente de deposição, onde, muito provavelmente, teria havido retrabalhamento e redeposição. Assim, as camadas são litologicamente homogêneas, aparentando ter sido formadas em regiões de praias (planícies de maré), com deposição em ambiente de águas rasas. Logo depois, Ciguel (1988) advogou para o Grupo Itacurubí um ambiente marinho raso de deposição, em regiões litorâneas, passando a marinho, associado a transgressões maiores e, por último, uma fácies regressiva. Ciguel e Orué (1990) também discutiram as unidades litoestratigráficas do termo Itacurubí, enquanto que Dyck (1991) noticiou a descoberta de novos fósseis atribuídos ao Landoveriano. Em geral, admite-se para a Formação Eusebio Ayala uma deposição no Siluriano, em concordância com Wolfart (1961) e Putzer (1962).

Como referido anteriormente, Orué et al. (1992) individualizaram a existência de unidades deposicionais diferentes dentro do Grupo Itacurubí, distinguindo uma inferior, representada por arenitos e tilitos, e uma superior, composta de arenitos sílticos e matriz argilosa. Além disso, reuniu na Formação Eusebio Ayala os termos Vargas Peña e Cariy. Segundo ainda esses autores, o Grupo foi subdividido em três formações, denominadas, da base para o topo, de Boquerón, Eusebio Ayala e Isla Pucú. Quanto à Formação Eusebio Ayala, ela se mostra constituída essencialmente por arenitos, silitos, argilitosossilíferos e arenitos sílticos micáceos, representando uma seqüência deposicional marinha.

3.4.3.2. Distribuição territorial

As rochas da Formação Eusebio Ayala ocupam faixa mais ou menos contínua (Fig.11), com cerca de 50 km de extensão e largura variável, que se estende no sentido NW-SE; em geral, alcançam altitudes que variam de 200 a 255 m. Ao sul, seus afloramentos acham-se limitados às proximidades da estrada ligando os povoados de Valenzuela, Caballero e Ybytí; para o norte, eles extrapolam os limites das planícies aluviais do rio Piribebuy, encontrando-se parcialmente encobertos por sedimentos da Formação Santa Rosa e por aluviões atuais.

Na estrada ligando Eusebio Ayala a Isla Pucú, de 3 a 9 km do ponto de entrocamento com a rodovia N°II, estão presentes as melhores exposições desta formação, que se apresenta litologicamente homogênea, além de exibir deposição cíclica. Os sedimentos arenosos, mostrando evidências de retrabalhamento e reposição, são observados na Fazenda Ypé-Jhú, nos povoados de Acevedo, Mainumby, Villa Las Mercedes, Acosta Nú, Aguaray, no

arroyo Yacarey e Cerro Ybytyhú. As unidades argilosas de pequena espessura são descritas na pedreira de Vargas Peña, nos povoados de Acosta Ñú, Pindoty, Isla Pucú, no arroyo Yacarey, Cerro Aparipy e na base do Cerro Ybytyhú.

A área de exposição das rochas desta formação apresenta configuração aproximadamente triangular, com o vértice setentrional localizado nas imediações de Arroyos Esteros (povoado Mainumby) já os meridionais situam-se sobretudo nos municípios de Eusebio Ayala e Cariy Loma, em Itacurubí de la Cordillera. As sondagens executadas pela Anschutz (1981), na área de San José-Itacurubí de la Cordillera (poço RD 90), indicaram espessuras raramente excedendo a 165 m; além disso, permitiram verificar que esta unidade parece ter sido mais preservada a leste, quando então atinge maiores espessuras.

3.4.3.3. Posição estratigráfica

As rochas da Formação Eusebio Ayala recobrem discordantemente as Formações Boquerón e Tobatí, respectivamente (Fig. 5). Para leste, o seu contato superior se dá por discordância erosiva com sedimentos da Formação Isla Pucú. Na porção NW da área de exposição dos terrenos paleozóicos, junto ao rio Paraguai, estas rochas acham-se recobertas por sedimentos da Formação Santa Rosa e por aluviões atuais.

Segundo Orué et al. (1992), a descontinuidade com o pacote sobreposto, submetido à intensa atividade erosiva durante a discordância Siluriana pode ser observada na secção litoestratigráfica de subsuperfície na área de Isla Pucú, junto ao posto de abastecimento da Copetrol, bem como em furos de sondagem feitos na região pela Anschutz (1981). Dentre as feições reconhecidas ressalte-se a cor avermelhada dos arenitos e tilitos, sotopostos em discordância aos arenitos siltosos da Formação Eusebio Ayala, por sua vez, contendo alternâncias de argilitos e siltitos micáceos. Estas rochas mostram aspectos característicos, que são interpretados como indicativos da existência de discordância, como, por exemplo, a leve alteração presente no topo dos arenitos como resultado da oxidação. Da mesma forma, as sondagens executadas pela Anschutz (1981) na área (poços: 269, R10, R12 e R8, ao sul de Isla Pucú; R2, ao norte de Itacurubí de la Cordillera; R4 e R13, ao NW de Santa Elena; RD 116, Santa Elena) indicaram a existência de uma discordância Pré-Devoniana. Adicionalmente, dados geofísicos apontaram para evidências significativas no contato superior desta formação, traduzidas na presença de óxidos de ferro relacionados com hematita (Gay, 1979).

O registro desse fato no topo da seqüência parece indicativo que, entre o final da deposição e o início da fase erosiva, a área era dominada por um clima frio, cuja instalação se deu muito possivelmente após o período de máxima inundação, responsável pelo surgimento, no pico da transgressão, dos argilitos fossilíferos associados a formações ferríferas.

A Formação Eusebio Ayala tem como característica principal a grande abundância de vestígios fossilíferos. A fase arenosa com matriz argilosa contém icnofósseis (*Skolithos*), bivalves indeterminados, tentaculites, possíveis graptzoários, braquiópodes (*Clarkeia antisensis*, *Heterorthella freitana*, *Mesoleptostrophia?* *conradii*), gastrópodes e raros trilobitas (*Trimerus* e outros homalonotídeos, "Dalmanites") (Melo, 1992, apud Orué et al., 1992) pertencentes a uma fauna variando quanto ao ambiente de litorâneo (*Skolithos*) a sublitorâneo raso (comunidade de *Clarkeia*). Os braquiópodes permitem sugerir uma paleozoogeografia típica dos mares silurianos "austrais" (Clarke, 1913, a Província Malvinocáfrica). A fase argilosa possui uma fauna marinha variada, com gêneros e espécies relacionados a um nível filogenético identificado com o Siluriano da Pré-Cordilheira Andina, e exibindo espécimes de braquiópodes, ortoceratídeos, trilobitas, moluscos, graptozoários (*Climacograptus innotatus brasiliensis*), ostracódeos, além de foraminíferos, quitinóforos e briozoários indeterminados. Estudos micropaleontológicos recentes, baseados principalmente na revisão lito e bioestratigráfica dos furos de sondagem Asunción 1 e 2 (Pecten, 1982a,b), confirmaram a presença em amostras do intervalo 2782-2832 m de tétrades e quitinóforos, de idade EoSiluriana, pertencentes aos gêneros *Conochitina* e *Ancyrichitina*. Segundo se pôde depreender das consultas bibliográficas, o termo superior do Grupo Caacupé é interpretado como sendo a Formação Tobatí (Pecten, 1982a). Mais recentemente, segundo Milani e Daemon (1992, apud Milani et al., 1993), os folhelhos desta unidade (Formação Tobatí) foram posicionados na Formação Vargas Peña do Grupo Itacurubí.

Os trabalhos de campo efetuados para o presente trabalho permitiram consolidar observações anteriores de Orué et al. (1992). Assim, pesquisas desenvolvidas nos afloramentos de direção NW-SE, em adição a trabalhos de correlação de subsuperfície utilizando perfis litogeofísicos de sondagem, possibilitaram chegar a uma nova concepção da seqüência Ordoviciano-Siluriana e à redefinição da sua litoestratigrafia, que prevê o agrupamento dos termos Vargas Peña e Cariy dentro da Formação Eusebio Ayala, ao lado da proposição de duas unidades a ela associadas, uma sotoposta (Formação Boquerón) e outra sobreposta (Formação Isla Pucú) (Tabela 3).

3.4.3.4. Petrografia

A Formação Eusebio Ayala, de idade Landoveriana, corresponde a uma seqüência sedimentar caracterizada principalmente pela presença de arenitos (Fig. 10), siltitos, argilitos fossilíferos e arenitos sílticos micáceos, e refletindo influência marinha em seus diferentes ambientes deposicionais.

A unidade está inserida na área de La Cordillera, um extenso bloco de relevo de aspecto residual parcialmente circundado por planícies recentes, onde estão as suas melhores

exposições. De maneira geral, distinguem-se duas fácies, uma arenosa e outra argilosa. A primeira é de cor avermelhada a amarelada, granulação fina, homogênea, micácea, fossilífera, e de deposição cíclica. Estratificação paralela, com espessura de quase 15 m, é observada; subordinadamente, são reconhecidos ciclos de granulação fina crescente (finning upward), marcas ondulares, além de mega-ondulações nas camadas mais conglomeráticas; laminação paralela e cruzada são comuns nos sedimentos argilo-siltosos em alternância com os arenitos. A segunda consiste essencialmente em material argiloso de coloração variegada, com predominância do cinza claro e avermelhado, micáceo, muito fossilífero, com intercalações de finas camadas de arenitos micáceos; por vezes, estão presentes grânulos irregulares de quartzo, feldspato e óxidos de ferro. Os sedimentos argilosos ocorrem comumente na forma de lentes ou como estratos finos, exibindo laminação paralela e espessura inferior a 1 m, muito embora ela seja maior junto à pedreira de Vargas Peña e no furo de sondagem Asunción 2 (Pecten, 1982b).

3.4.3.5. Litogênese

O conteúdo fossilífero da Formação Eusebio Ayala indica, de maneira inquestionável, condições marinhas de deposição, em ambiente de águas rasas; parte considerável dessa sedimentação se deu sob a influência de marés. Contudo, na região de La Cordillera, o ambiente deposicional parece ter sido do tipo intermarés, dentro da zona de influência das ondas normais e de tempestades onde predominaram temperaturas baixas.

3.4.4. Formação Isla Pucú

3.4.4.1. Generalidades

Trabalhos de campo realizados na área de Eusebio Ayala-Caraguatay revelaram a ocorrência de arenitos finos micáceos, em geral associados a material pelítico, que, com base nos conhecimentos adquiridos, foram interpretados como correspondendo a sedimentos do Grupo Itacurubí. Estas conclusões foram tiradas por Anschutz (1979) e Gay (1979), analisando o resultado de dois perfis aeromagnetométricos, de direção aproximada EW, executados numa área de 25 km de largura e extensão de 30 km. Esta tem como limites a E o povoado de Itacurubí de la Cordillera e a W o de Eusebio Ayala; longitudinalmente, os seus limites são a localidade de Isla Pucú, a N, e a Colonia Pira Retá, a S. Este último autor salientou, ainda, a presença de sedimentos magnéticos associados a óxidos de ferro, muito possivelmente hematita, ao lado de óxidos de manganês. Esta observação permite também concluir que a sondagem foi realizada na região de contato das duas unidades, considerando-se a ocorrência de um intervalo ferruginoso no topo da Formação Eusebio Ayala. O enriquecimento em minerais de ferro nesses sedimentos são, por sua vez, indicativos da presença de águas frias, às margens de terrenos glaciais; além disso, aponta também para a

existência de uma superfície exposta ou soerguida aos processos erosivos. Os resultados desses perfis mostraram o contraste nítido que existe entre as unidades silurianas e devonianas. Porém, não raro essas conclusões propiciam o estabelecimento de uma cronologia dos eventos deposicionais e tectônicos do período pré-devoniano no Paraguai.

Na revisão estratigráfica da bacia ordoviciana-siluriana do Paraguai Oriental, Orué et al. (1992) descreveram os sedimentos de Isla Pucú, a partir de dados de subsuperfície, como constituídos por arenitos finos de cor esverdeada, laminados, e contendo intercalações de argilitos e siltitos micáceos. Ampliaram a denominação da unidade, agora elevada à categoria de formação, porém, conservando o nome da localidade homônima.

Por outro lado, Milani et al. (1993), referindo-se à seqüência ordoviciana-siluriana da Bacia do Paraná, descreveram pela primeira vez, com base em informações de subsuperfície, uma nova secção sedimentar pré-Furnas como sendo composta de arenitos silticos, intercalados com folhelhos silticos micáceos, e em contato discordante com a Formação Furnas.

3.4.4.2. Distribuição territorial

Na área mapeada, Orué et al. (1992) registraram para os sedimentos aflorando no município de Isla Pucú (Fig. 11) uma espessura máxima de 50 m; estimaram, ainda, um aumento da possança desses estratos para o norte, mais especificamente junto à área do sinclinal de San Pedro (furos Assunción 1 e 2; Pecten, 1982a,b). O perfil litológico de subsuperfície do termo Isla Pucú na área homônima apresenta arenitos de granulação fina, por vezes associados a siltitos, com alta densidade populacional de organismos da fácies Skolithos, na base, passando a intercalações finas de argilitos a siltitos micáceos, de cor cinza-esverdeada, em direção ao topo da seqüência; em geral, os sedimentos são finamente laminados e com estratificação cruzada. Neste local, o pacote se mostra discordante em relação à Formação Eusebio Ayala.

Nas sondagens feitas pela Anschutz (1981) na região (ver item 3.4.3.3. acima), foram encontrados folhelhos e siltitos micáceos de cor cinza escuro, fossilíferos, com acamamento laminado a turbiditos, e relacionados a uma deposição do tipo "tidal flat". Esses trabalhos, em que pese a sua grande contribuição para o conhecimento litológico da área em subsuperfície, correlacionaram contudo erroneamente esses sedimentos ao termo Vargas Peña, em contraste nítido com as unidades sotopostas de natureza areno-siltico-argilosa. Estratigraficamente, o pacote exhibe, no seu contato inferior com a Formação Eusebio Ayala, uma nítida discordância evidenciada pela superfície de oxidação da porção superior desta unidade.

3.4.4.3. Posição estratigráfica

Os sedimentos desta formação, jazendo em discordância litológica angular e erosiva sobre as rochas areno-argilosas da Formação Eusebio Ayala (cf. Orué et al., 1992) (Fig. 12), exibem no topo da seqüência uma superfície com características muito especiais (oólitos hematíticos e chamosíticos), interdigitada com sedimentos silto-argilosos (Formação Isla Pucú), normalmente uniformes e de pequena espessura (5 cm), refletindo condições de deposição marinha e ambiente redutor para a formação dos minerais primários de ferro, como notado no furo 269 R4.

Valores da espessura desta formação para os furos da Anschutz são fornecidos na Tabela 3.

Tabela 3 - Poços da Anschutz na área de Itacurubí de la Cordillera.

Poços	269 R10	269 R12	269 R8	269 R3	269 R2	269 R4	RD 116
Espessura (m)	35	40	30	80	55	65	70
Porção W							Porção E

O contato superior nos perfis dos furos 269 R2 e RD 116 indica uma discordância litológica com diabásios; para os furos 269 R1, 269 R3, 269 R4 e RD 116 essa discordância se dá com a unidade basal areno-conglomerática da Formação Arroyos Esteros. Já nos poços 269 R10, 269 R12 e 269 R8 o contato se mostra encoberto por sedimentos recentes.

Para Orué et al. (1992), esta nova unidade litológica, definida segundo o Código de Nomenclatura Estratigráfica do Paraguai (Naciones Unidas, 1987), teria se originado no Siluriano Inferior à vista da presença de abundantes microfósseis Acritarcos e esporos, compatíveis com um ambiente de formação do tipo sublitorâneo raso.

3.4.4.4. Petrografia

Os sedimentos da Formação Isla Pucú (Fig. 10), presentes na localidade homônima até o povoado de Santa Elena, ainda que não observados em superfície, foram identificados em secções de subsuperfície, com a sua área de ocorrência ampliada consideravelmente na direção EW (Orué et al., 1992). Entre Isla Pucú e Santa Elena, onde se encontra preservada a secção mais completa da formação, é possível, de modo bem geral, distinguir-se duas fácies, uma siltico-argilosa e outra de natureza argilosa e siltico-arenosa, com a primeira prevalecendo tanto em superfície como em subsuperfície. Os sedimentos são constituídos por depósitos finos, bem laminados, reunindo intercalações de siltitos, argilitos e arenitos finos de cor cinza escuro a esverdeada, esta devida ao ambiente redutor (seixos de pirita, oólitos hematíticos e chamosíticos). Comumente, exibem laminação plano-paralela, estando

SEÇÃO DE CORRELAÇÃO ESTRATIGRÁFICA REGIONAL DE DIREÇÃO E-W

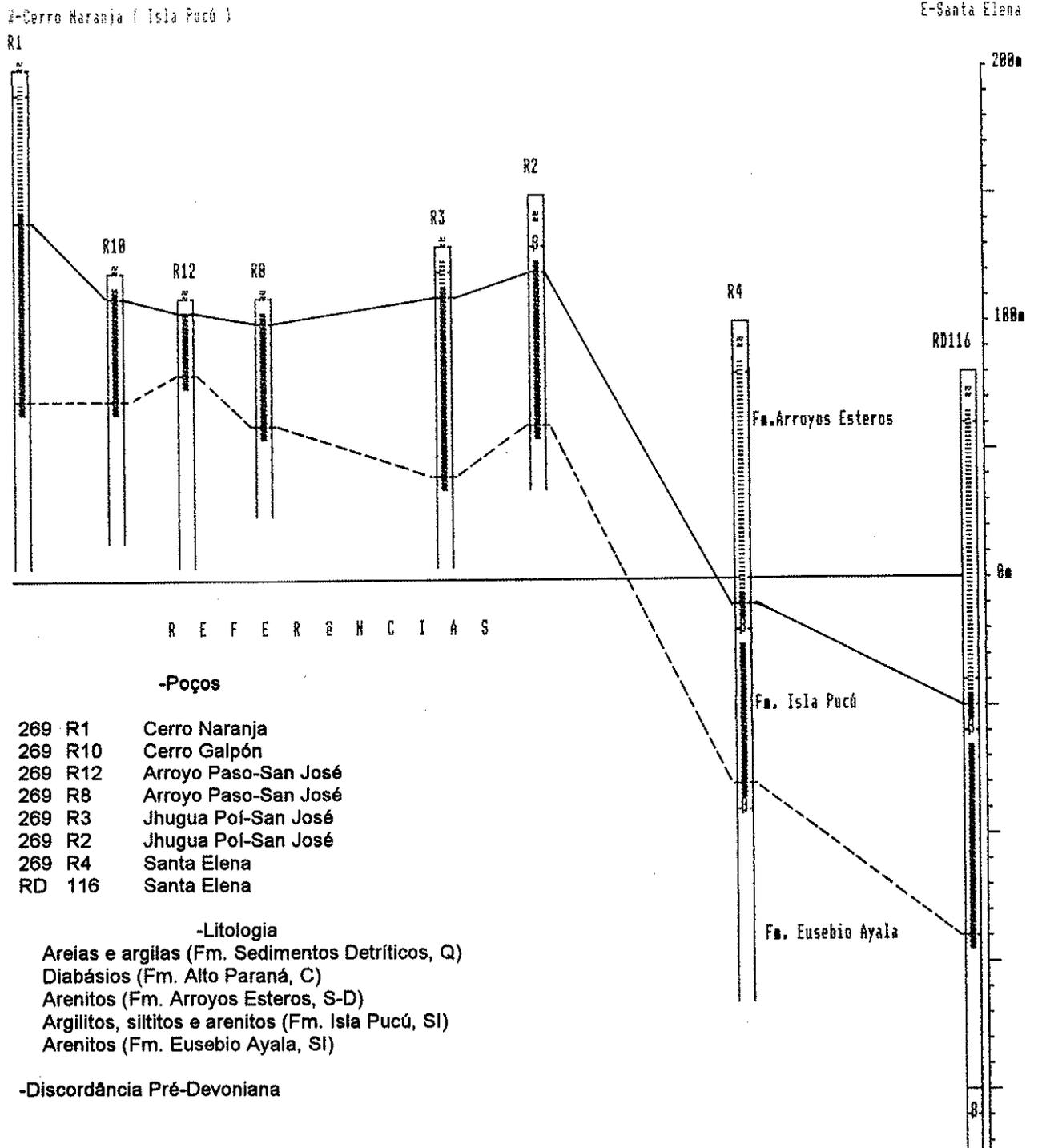


Figura 12 - Perfil de raios gama (0-200 A) e litológico dos poços da Anschutz no intervalo correspondente à seqüência Ordoviciano-Siluriana, numa secção EW entre as localidades da Isla Pucú e Santa Elena.

presentes, em determinados intervalos, feições diversas como estratificação cruzada de pequeno porte, laminação flaser, marcas ondulares e caráter manchado indicativo da ação de organismos perfuradores. Por vezes, o contato inferior com a Formação Eusebio Ayala apresenta camadas centimétricas ferruginosas com textura oolítica.

3.4.4.5. Litogênese

As características litológicas e o posicionamento estratigráfico da Formação Isla Pucú sugerem que, após a deposição dos sedimentos de Ausebio Ayala, teve lugar um suave levantamento do flanco SW da bacia paleozóica, seguido de erosão. Sobre esta superfície erosiva se deu a oscilação do caráter transgressivo do nível marinho, responsável pela deposição, em águas profundas, de clásticos finos.

3.5. Formação Arroyos Esteros

3.5.1. Generalidades

Um dos poucos estudos bioestratigráficos existentes na literatura paraguaia é o de Beder e Windhausen (1918), onde é citada a descoberta de fósseis atribuíveis à Formação Arroyos Esteros, junto ao flanco oriental do Cerro Aparipy. Segundo esses autores, o registro fossilífero refere-se ao devoniano e acha-se baseado na presença de *Leptocoelia flabellites*. Outras informações sobre os arenitos de Arroyos Esteros são devidas a Oppenheim (1936) e Eckel (1959), enquanto que coube a Harrington (1950) a descrição de fósseis silurianos no Cerro Aparipy e Vargas Peña. Neste trabalho sobre a litoestratigrafia do Paraguai, na área de Itacurubí, Harrington (1950) apresentou na secção geológica entre Loma Cariy, ao sul, e Santa Elena, ao norte, e mesmo na coluna geológica para a área, uma divisão em que a Série Itacurubí é colocada sobreposta aos arenitos por ele denominados de Série Caacupé. Essa pesquisa, procurando estabelecer a divisão bioestratigráfica das Séries Caacupé e Itacurubí, mostrou caracteres faunísticos variáveis e evidências de idade devoniana. Assim, no termo superior da Itacurubí, descreveu arenitos friáveis, pouco cimentados, de cor amarela, e apresentando camadas de coloração arroxeadas. Fez ainda referência à presença de arenitos de granulação grossa, com intercalações de argilitos e passando a conglomeráticos, que se constituem em valioso elemento de correlação com os arenitos devonianos, notadamente os de Furnas. Além disso, interpretou as concreções de hematita secundária como características dos arenitos de Cariy Loma.

Como mencionado previamente, Gay (1979) executou, no trecho compreendido entre Isla Pucú e Colonia Pira Retá, sobrevôos aeromagnetométricos visando a esclarecer a natureza dos padrões magnéticos orientados segundo NW-SE conhecidos como anomalia de San José de los Arroyos. Com base nesses resultados, o autor admitiu a possibilidade de ter-se a presença de óxidos de ferro (hematita ?) e de manganês no contato desta unidade, o que

implicaria, segundo Soares (1991), num ambiente de formação para os seus sedimentos relacionado a águas frias, bem como na existência de uma superfície exposta a processos erosivos.

Dyck (1991) reconheceu similaridades litológicas e tectônicas entre estes sedimentos e os arenitos de Tobatí, o que pode ter reforçado a idéia de sua correlação com unidades devonianas.

Recentemente, coube a Orué et al. (1992) chamar a atenção para a existência, junto ao membro inferior da unidade, de sedimentos arenosos de granulação grossa, cor clara, e com intercalações conglomeráticas portadoras de seixos de quartzo e quartzito. O membro superior exibe uma seqüência gradacional, representada por arenitos friáveis com matriz argilosa, de granulação média a fina, localmente silicificados, e contendo níveis com clastos de argilitos. Os autores reuniram esses sedimentos na Formação Arroyos Esteros, conservando assim a denominação proposta por Beder e Windhausen (1918). Quanto à idade, admitiu-se para ela uma deposição no NeoSiluriano a EoDevoniano, em concordância com o sugerido inicialmente por Beder e Windhausen (1918), e depois confirmado por Oppenheim (1936). Similaridades litológicas com o termo Cariy de Harrington (1972) possibilitaram a alguns autores (Harrington, 1950; Escobar, 1987) incluir os sedimentos acima nessa unidade.

3.5.2. Distribuição territorial

A Formação Arroyos Esteros ocupa uma faixa contínua e irregular, de direção NW-SE (Fig. 11), alcançando cotas altimétricas que decrescem no sentido leste de 235 a 160 m, fato que pode ser testemunhado no perfil de Arroyos Esteros, 1ro. de Marzo, Caraguatay e Santa Elena. Ao sul, tem como limite o município de Itacurubí de la Cordillera, enquanto que, a norte, as proximidades do rio Paraguai, na região de Arroyos de Esteros. Na direção leste, acha-se confinado ao rio Manduvirá, Yhaguy e alagado de Caraguatay.

Na descida da cuesta junto ao povoado de Acevedo, na estrada Arroyos Esteros a Emboscada, a unidade forma corpos de pequena extensão, com cerca de 70 m de espesura, compostos de arenitos friáveis de granulação média a grossa, cor clara, e contendo níveis conglomeráticos onde aparecem seixos de quartzo e nódulos de argila; localmente, estão presentes icnofósseis da fácies Skolithos.

No perfil geológico realizado ao longo da estrada interligando Isla Pucú com Itacurubí de la Cordillera, mais precisamente na subida do povoado de Aguaray, junto à base do Cerro Galpón, foram observados níveis conglomeráticos passando para arenitos de granulação grossa e cor clara, com estratificação cruzada, e diretamente sobrepostos à Formação Eusebio Ayala. Na estrada que liga Caraguatay a 1ro. de Marzo, notam-se amplas exposições de arenitos claros e friáveis; outros afloramentos de rochas desta formação são encontrados

nas estradas conectando as localidades de Isla Pucú e Caraguatay, 1ro. de Marzo e Arroyos Esteros, Isla Pucú e 1ro. de Marzo, além de Santa Elena e Caraguatay.

3.5.3. Posição estratigráfica

Na área mapeada, mais particularmente na base do Cerro Galpón, a Formação Arroyos Esteros assenta-se em discordância erosiva sobre a Formação Eusebio Ayala (Fig. 5). Assim, o contato inferior com os sedimentos do Grupo Itacurubí, embora de difícil reconhecimento no campo em razão da similaridade litológica com a unidade arenosa de aspecto sacaroidal da Formação Tobatí, não apresenta qualquer dúvida quanto ao seu caráter discordante, uma vez que os sedimentos sotopostos da Formação Isla Pucú refletem litologias totalmente diferentes, constituídas por argilitos e siltitos (poços 269 R4 e RD 116). Quanto ao contato superior da Formação Arroyos Esteros, ele é do tipo discordante e se dá com arenitos continentais do Permiano, ainda que a sua observação tenha sido feita tão somente em furos de sondagem (RD 89, a uma profundidade de 100 m). Na porção leste, o contato desta formação apresenta-se parcialmente encoberto por sedimentos quaternários e aluviões atuais, nas imediações do rio Paraguai. Subordinadamente, o contato é feito com diabásios, como registrado nos furos 269 R2 e RD 116 (Anschutz, 1981).

Para Anderson (1980), o furo RD 89 apresenta uma deposição correspondente à capa do Grupo Itacurubí. Segundo esse autor, o registro palinológico confirma a presença de *Emphanisporites rotatus*, *Apiculatisporites* sp. e *Hymenozonotriletes lipidophytus*, indicando, assim, uma idade Devoniana e origem marinha para o pacote sobreposto à unidade Siluriana do Grupo Itacurubí.

O posicionamento das unidades siluro-devonianas corresponde a uma seqüência pré-devoniana, com a idade da discordância associada ao hiato situando-se, segundo Soares (1991), entre o final do Landoveriano (415 Ma) ou início do Devoniano (400 Ma).

3.5.4. Petrografia

A Formação Arroyos Esteros (Fig. 10), com as suas melhores exposições encontradas junto às pequenas cuevas de Arroyos Esteros e na estrada para Cerro Galpón, é constituída predominantemente de arenitos esbranquiçados, em parte arroxeados, de granulação grossa, regularmente selecionados, e exibindo grãos angulares a subangulares e matriz caolínica. Secundariamente, contém intercalações de arenitos conglomeráticos, do tipo oligomictico, com seixos de quartzo e quartzito (3 cm) e formando estratos de pequena espessura. A variação no sentido do topo da seqüência se faz de modo gradativo, passando-se para arenitos friáveis de granulação média, com grãos angulares a subangulares, localmente silicificados, e possuindo baixa proporção de matriz caolínica; estratificação plano-cruzada, com níveis de nódulos caolínicos, está presente. Por outro lado, no Poço RD 116, a unidade

exibe, na sua base, acima de 70 cm de conglomerados que passam a arenitos brancos (blanket), em direção ao topo.

3.5.5. Litogênese

Feições diversas (estratificação cruzada, estruturas de corte e preenchimento, depósitos residuais de canais com seixos de argila, superfícies erosivas intraformacionais, neoformação de caolinita etc.) indicam ambiente de sedimentação fluvial continental para a Formação Arroyos Esteros, ainda que não se descarte a possibilidade que os sedimentos não aflorantes da sua porção basal tenham sofrido alguma contribuição marinha, isto considerada a natureza da unidade sotoposta (Formação Isla Pucú).

3.6. Grupo Coronel Oviedo

3.6.1. Generalidades

As primeiras referências às rochas deste grupo são devidas a Harrington (1950), que citou a ocorrência de conglomerados glaciais, arenitos e folhelhos numa faixa de direção NS, estendendo-se desde a região oriental do rio Apa, ao norte, até as imediações do rio Tebicuary-mí, ao sul. Esse autor sugeriu a sua correlação com a Série Tubarão da Bacia do Paraná, bem como atribuiu-lhe idade do Carbonífero Superior ao Permiano Inferior.

Putzer (1962) reconheceu a existência de camadas de arenitos interglaciais dentro de tilitos. Considerou-os como sendo do Carbonífero Superior e procurou correlacioná-los com os depósitos de Nioaqué.

Comte (1968) propôs a designação provisória de Série Gondwana e Série Tubarão para caracterizar os tilitos, siltitos, folhelhos e arenitos glaciais que estudou na região centro-sul do Paraguai Oriental.

Hutchison (1979a) assinalou a existência de uma unidade inferior representada por arenitos com seixos de diâmetros variado, siltitos, folhelhos e lamitos de origem glacial dentro de uma seqüência permocarbonífera.

No estudo integrado dos dados geológicos conhecidos do Paraguai e da parte brasileira da Bacia do Paraná, o projeto PAR 83/005 (1986) descreveu o Grupo Coronel Oviedo como sendo constituído por diamictitos, folhelhos, arenitos e ritmitos do tipo várvido, apresentando influências glaciais continentais nos diferentes ambientes deposicionais gerados desde o Stephaniano até o Permiano.

Para Wiens (1991), o grupo de unidades clásticas de granulação variável de fina a grossa, consiste em uma seqüência de folhelhos, varvitos e diamictitos contendo seixos de rochas ígneas, sedimentares e metamórficas, que teria sido formado em um ambiente deposicional glacial-marinho com influência lagunal-fluvial.

3.6.2. Distribuição territorial

O Grupo Coronel Oviedo mostra distribuição irregular, dispondo-se no geral segundo uma faixa de direção NW-SE. Para o norte, os seus afloramentos têm como limite as proximidades do sinclinal de San Pedro (falha de Jejuí-Aguaray Guazú), enquanto que, para o sul, eles se estendem até o Alto de Caapucú e SE da cidade de San Juan Bautista.

Na região oriental, esses sedimentos ocupam uma superfície aflorante de aproximadamente 3.177 km², com largura de 5 a 35 km e extensão de 300 km. Eles exibem evidências de falhamento ao sul da cidade de Coronel Oviedo, mais especificamente nas imediações de Caazapá, Yegros e Yuty, e mergulham de forma suave para E em direção à Bacia do Paraná.

As sondagens executadas pela Anschutz na área indicam que a espessura desses sedimentos situa-se em torno de 170 e 190 m, conquanto Wiens (1991) tenha feito referência a valores bem maiores, da ordem de 670 m.

3.6.3. Posição estratigráfica

O Grupo Coronel Oviedo acha-se assentado na forma de discordância erosiva sobre os arenitos da Formação Arroyos Esteros (Fig. 5), como observado, em subsuperfície, no furo RD 116 da Anschutz (Santa Elena). O contato superior mostra discordância litológica, em superfície irregular erosiva, com os arenitos da Formação San Miguel. Nas proximidades do sinclinal de San Pedro, apresenta-se interdigitado com a Formação Aquidabán, bem como com depósitos detríticos (Formação Santa Rosa) e aluviões recentes.

3.6.4. Petrografia

Segundo Wiens (1991), este grupo reúne diferentes tipos litológicos (Fig. 10).

Folhelhos e varvitos

Os argilitos silticos exibem cor cinza escuro a verde, abundância de material orgânico, e presença subordinada de pirita e mica. Segundo aquele autor, a passagem de um membro para o outro se faz de forma transicional, com o aparecimento de folhelhos várnicos finamente laminados de cor cinza claro a escuro; ainda mais, que a ocorrência de intercalações está associada com a maior predominância de arenitos siltíticos.

Diamictitos

Estas rochas não mostram estratificação, são maciças, e apresentam uma fração clástica contendo seixos e grânulos subangulosos a angulosos de litologias as mais diversas (ígneas, metamórficas e sedimentares). A matriz é constituída predominantemente por siltes arenosos, de coloração cinza a cinza escuro e amarelada, portadores de minerais argilosos e micáceos.

Tilitos

Em escala de afloramento, estas rochas estão representadas por um conglomerado

maciço, com estratificação espessa, e presença subordinada de clásticos, mal selecionados, de pequenas a grandes dimensões, constituídos por seixos e blocos de rochas ígneas, metamórficas e sedimentares, além de argila e areia grossa.

Arenitos silticos

São rochas de coloração cinza a verde claro, granulação fina a média, em parte grossa, compostas de grãos subarredondados de quartzo, e contendo intercalações de argilitos e arenitos conglomeráticos.

3.6.5. Formação Aquidabán

3.6.5.1. Generalidades

Harrington (1950) fez referência a arenitos vermelhos da região nordeste do Paraguai, procurando diferenciar arenitos e argilitos esverdeados de origem fluvioglacial dos tilitos, estes formados provavelmente em ambiente continental; atribuiu a essas rochas uma idade Carbonífero Superior-Permiano Inferior.

Putzer (1962) usou a expressão tilito Aquidabán para designar sedimentos de origem fluvioglacial aflorando em uma faixa de direção NS, e admitidos como formados no período Carbonífero Superior (Pennsylvaniano).

Comte (1968) referiu-se à ocorrência de arenitos de granulação grossa intercalados com camadas de tilitos, com espessura entre 300 e 500 m, sugerindo a sua correlação com a Formação Aquidauana na região sul mato grossense.

O projeto Cuenca del Plata (1975) descreveu sob o nome de Grupo Aquidabán uma unidade consistindo essencialmente em arenitos finos e argilitos, com intercalações de siltitos e folhelhos, e presença subordinada de conglomerados contendo seixos de quartzo, além de tilitos, em partes diamictíticos. Admitiu uma influência glacial para os seus diferentes ambientes deposicionais e adotou para a unidade uma idade do Carbonífero Superior.

Hutchison (1979a) chamou a atenção para a contemporaneidade deposicional do Grupo Coronel Oviedo e da Formação Aquidabán, não tendo encontrado qualquer evidência de discordância entre essas rochas; como resultado, procurou reuni-las numa única seqüência (Grupo Coronel Oviedo, cf. Carlson, 1981), incluída no Permocarbonífero Inferior, e admitida como sendo do período Carbonífero.

O projeto PAR 83/005 (1986) relacionou a seqüência da Formação Aquidabán ao complexo gondwânico, e realçou a sua continuidade por território brasileiro, ao norte da falha de Jejuy-Aguaray Guazú. Descreveu esses depósitos, mostrando influências de ambiente glacial, como compostos principalmente de arenitos conglomeráticos, com seixos de quartzito, granito e calcedônea, intercalados a camadas de arenito fino.

Para Wiens (1991), a Formação Aquidabán é constituída por uma seqüência basal de

arenitos finos com intercalações de tilitos, siltitos e argilitos, sugerindo, assim, tratar-se de um ambiente fluvioglacial continental.

3.6.5.2. Distribuição territorial

Os sedimentos da Formação Aquidabán afloram nos flancos setentrional e oriental do sinclinal de San Pedro (falha de Jejuy-Aguaray Guazú), nos Departamentos de Concepción, San Pedro e Amambay; para o norte, adentram a região mato grossense. Do total da superfície de cobertura dos sedimentos correspondentes à Bacia Permocarbonífera, aproximadamente 24.000 km², os depósitos da Formação Aquidabán perfazem 12.097 km² (Proyecto PAR 83/005, 1986), ou seja, em torno de 50% da área.

Na parte setentrional da área de exposição, os termos arenosos desta formação são encontrados no leito e nas margens do rio Aquidabán, aparecendo na quase totalidade do seu percurso.

Na rodovia Concepción-Pedro Juan Caballero, cerca de 50 km a leste da primeira cidade, acham-se expostos arenitos conglomeráticos, tilitos, siltitos e lamitos (Proyecto PAR 83/005, 1986).

Nas proximidades de Bella Vista, San Carlos e Alto do Apa, na região norte-nordeste, afloram arenitos vermelhos com seixos de diâmetro variado.

3.6.5.3. Posição estratigráfica

A Formação Aquidabán, de idade Carbonífero Superior (Fig. 5), acha-se distribuída por extensa área. Na sua parte norte-nordeste, estas rochas apresentam-se superpostas, em contato discordante, com calcários do Grupo Itapucumí. Exibem contato lateral na forma de interdigitações ou mesmo passagens gradacionais para os sedimentos do Grupo Coronel Oviedo. Na zona meridional, a porção superior da unidade jaz sob os arenitos permianos da Formação San Miguel. Apresenta-se ainda sotoposta, por discordância erosiva, aos depósitos detríticos da Formação Santa Rosa e a aluviões atuais.

3.6.5.4. Petrografia

A Formação Aquidabán compõe-se de diversos tipos de rochas clásticas (Fig. 10), com os principais descritos a seguir (cf. Proyecto PAR 83/005, 1986; Wiens, 1991).

Arenitos basais (pré-glaciais)

Está unidade foi dividida em quatro tipos.

I. Arenitos de cor vermelha a rosada, granulação média a grossa e matriz fina, associados a intercalações de conglomerados com seixos atingindo até 15 cm; estratificação cruzada está presente.

II. Arenitos de coloração avermelhada e granulação fina, com a fração clástica contendo seixos espalhados em níveis estratificados; secundariamente, ocorrem camadas de

diamictitos. Estes passam lateralmente a arenitos de granulação média a grossa, com seixos de dimensões centimétricas. Estratificação plano-paralela e cruzada é reconhecida nos arenitos de granulação mais grossa.

III. Arenitos de cor vermelha a rosada e granulação fina a muito fina, formando estratos horizontais a suhorizontais, com alternância bem marcada de leitos areno-argilosos e folhelhos, que atingem no máximo 0,5 m de espessura; marcas de ondas são também visíveis.

IV. Arenitos de cor creme a rosada, com predominância de camadas conglomeráticas, onde grânulos e seixos alcançam até 15 cm. A fração clástica reúne seixos associados a arenitos de granulação grossa; estratificação cruzada está presente.

Tilitos (glaciais)

A grande diversidade petrográfica, indicativa de um ambiente de deposição glacial, é o traço marcante desta unidade, que tem tilitos como o principal tipo litológico; subordinadamente, ocorrem siltitos e varvitos, estes por vezes mostrando intercalações de arenitos de coloração avermelhada a cinzenta e granulação fina. Os tilitos possuem cor cinza escuro e matriz composta predominantemente de areia fina e material argiloso, com seixos e fragmentos de litologias diversas (quartzito, granito, pórfiros, quartzo), além de grandes blocos arredondados, da ordem de 1 m³, representados por granitos, gnaisses, quartzitos, mica xistos, pórfiros e arenitos.

3.7. Grupo Independencia

3.7.1. Generalidades

Este grupo foi descrito por Harrington (1950) nas imediações da localidade homônima (Serra de Ybytyruzú). É constituído por uma seqüência de sedimentos arenosos e argilosos, com espessura máxima estimada em 400 m. Esse autor empregou a denominação de Série Independencia para essas rochas, admitindo para a sua formação um ambiente continental, e incluiu a unidade no Permiano Superior.

Eckel (1959) adotou o termo Série Santa Catarina para a seqüência de rochas permianas, com fauna e flora deste período (tardio), e procurou correlacioná-las estratigraficamente com as formações brasileiras do Grupo Rio do Rastro, Formação Estrada Nova e Série Passa Dois.

Putzer (1962) mencionou a presença de escassos fósseis vegetais (*Dadoxylon*, *Pinzonella*) nos arenitos arcosianos pertencentes à facies Independencia. Segundo esse autor, esta camada arenosa se constitui na unidade inferior do pacote, ocorrendo sotoposta em aparente concordância com arenitos argilosos e folhelhos; uma idade compatível com o Permiano Médio é sugerida para essas rochas.

Comte (1968) limitou-se a relatar a ocorrência de rochas arenosas e calcíticas numa faixa

de direção NS, sem, contudo, acrescentar qualquer informação às fornecidas por Putzer (1962).

Anschutz (1980) referiu-se ao Grupo Independencia como sendo uma seqüência de idade Permocarbonífero e formada principalmente de arenitos finos, argilitos e siltitos, com influência continental e deposição em ambiente lacustre-fluvial; admitiu também condições marinhas (mar raso) de sedimentação, como indicado pela presença de oólitos.

Carlson (1981) propôs a divisão do Grupo Independencia em quatro formações, às quais denominou, da base para o topo, de San Miguel, Boquerón Tapytá e Cabacué. Incluiu na primeira arenitos, argilas e siltes, que separam a zona de oólitos da Formação Boquerón dos sedimentos de canais da Formação Tapytá; mais ainda, as rochas arenosas estariam colocadas abaixo da Formação Cabacué.

O projeto PAR 83/005 (1986) adotou o termo Grupo Independencia para a seqüência de rochas permianas do Paraguai Oriental. Nesse trabalho, os autores julgaram mais adequada a sua subdivisão em duas formações, San Miguel e Tacuary, com a separação entre elas sendo observada em pontos da coluna estratigráfica; advogaram ainda a eliminação das Formações Tapytá e Cabacué, consideradas como de idade Triássica a Jurássica.

As sondagens executadas pela Texaco (1991), na área de Mallorquín, indicaram a existência de camadas pós-glacial dentro dos arenitos sobrepostos ao Grupo Coronel Oviedo. Nesse trabalho, foram empregados os termos Formação San Miguel e Formação Tacuary para caracterizar uma seqüência em geral arenosa, onde estariam incluídos estratos anteriormente denominados de Grupo Independencia.

3.7.2. Formação San Miguel

3.7.2.1. Generalidades

Carlson (1981), PAR 83/005 (1986) e Wiens (1991) descreveram esta formação, consistindo essencialmente em uma seqüência arenosa, como sendo a unidade inferior do Grupo Independencia. Ela aflora numa faixa de direção NS, e acha-se assentada sobre rochas do Grupo Coronel Oviedo.

Posteriormente, a Texaco (1991), dando continuidade ao programa de sondagens relacionado ao Projeto de Pesquisa Petrolífera em desenvolvimento no país, fez uma interpretação dos ciclos deposicionais da Formação San Miguel, com base nos dados dos poços da Anschutz (231-R2, 252-R1, 272-R1, RD-109, YD-29 e RD-35) e Mallorquín 1, e precisou melhor as suas características litológicas e sedimentares. Segundo esse trabalho, ela é basicamente constituída por sedimentos clásticos, com predominância de arenitos, ocorrendo também tipos arcósianos e "sublitharenites", provavelmente de origem cratônica. Referindo-se ainda às características desta formação, a pesquisa defendeu a idéia de que a

seqüência descrita corresponde a duas fases distintas de deposição regional. A primeira, posicionada no flanco leste do Alto de Assunção, é indicada por uma fácies incluindo planície costeira eólica, planície deltaica, frente deltaica e complexo ambiente de ilhas de barras mesomaré. A segunda, formada no interior da bacia, reúne ciclos deposicionais (progradacionais) da costa afora e depósitos deltaicos dominados por macromarés (Mallorquín 1). Desse modo, baseado em evidências paleogeográficas e climáticas, foi sugerida a existência de duas áreas fonte para a Formação San Miguel, com a principal delas situada mais ao norte, e representada pelo Escudo Brasileiro (Ribeira Fold Belt); a segunda, a oeste, encontra-se associada ao Alto de Assunção.

3.7.2.2. Distribuição territorial

A Formação San Miguel ocupa uma faixa contínua de direção NS, com mergulho para oeste (Figs.13 e 14). Na sua porção mais setentrional, ela é encontrada nas imediações de Carayaó, daí se estendendo para o sul, passando por Coronel Oviedo e Villarrica, até atingir a região de Yuty. Seus melhores afloramentos situam-se a 10 km a norte de Yuty, na Fazenda San Miguel, onde a unidade alcança espessura entre 50 e 80 m, e se apresenta constituída por arenitos calcários, siltitos e folhelhos.

No perfil geológico realizado na rodovia ligando Mbocayaty a Colonia Independencia, no trecho próximo ao arroio Itá, afloram sedimentos arenosos de granulação variável, com estratificação cruzada, e contendo fósseis vegetais e troncos petrificados. Em subsuperfície, esta formação foi reconhecida nos poços Asunción 1 e 2 (Pecten, 1982a,b), nas proximidades do sinclinal de San Pedro, bem como nos furos 231-R2, 252-R1, 272-R1, RD-109, YD-29 e RD-35 (Anschutz, 1981) e Mallorquín 1 (Texaco, 1991).

3.7.2.3. Posição estratigráfica

A posição desta formação encontra-se bem definida devido ao fato de as suas relações de capa e lapa se darem com pacotes de seqüências litoestratigráficas comprovadamente diferentes (Fig. 5). Assim, o contato inferior mostra discordância litológica com o Grupo Coronel Oviedo (diamictitos). Aí, a Formação San Miguel é representada por arenitos de granulação fina a média, caracterizando um ambiente de deposição associado a deltas e planícies costeiras eólicas, sobrepostos a diamictitos de origem glacial. Já o contato superior é transicional, passando de arenitos para os lamitos (folhelhos) da Formação Tacuary. Além disso, ele também se mostra recoberto por unidades quaternárias, que, por sua vez, se assentam discordantemente sobre os sedimentos detríticos da Formação San Lazaro.

O exame dos vestígios fossilíferos da Formação San Miguel, atestando a presença de icnofósseis (Planolites, Skolithos, Trichichnus, Teichichnus, Asterosoma, Terebellina e Rhizocorallium), parecem indicativos de um ambiente de deposição relacionado a barras de

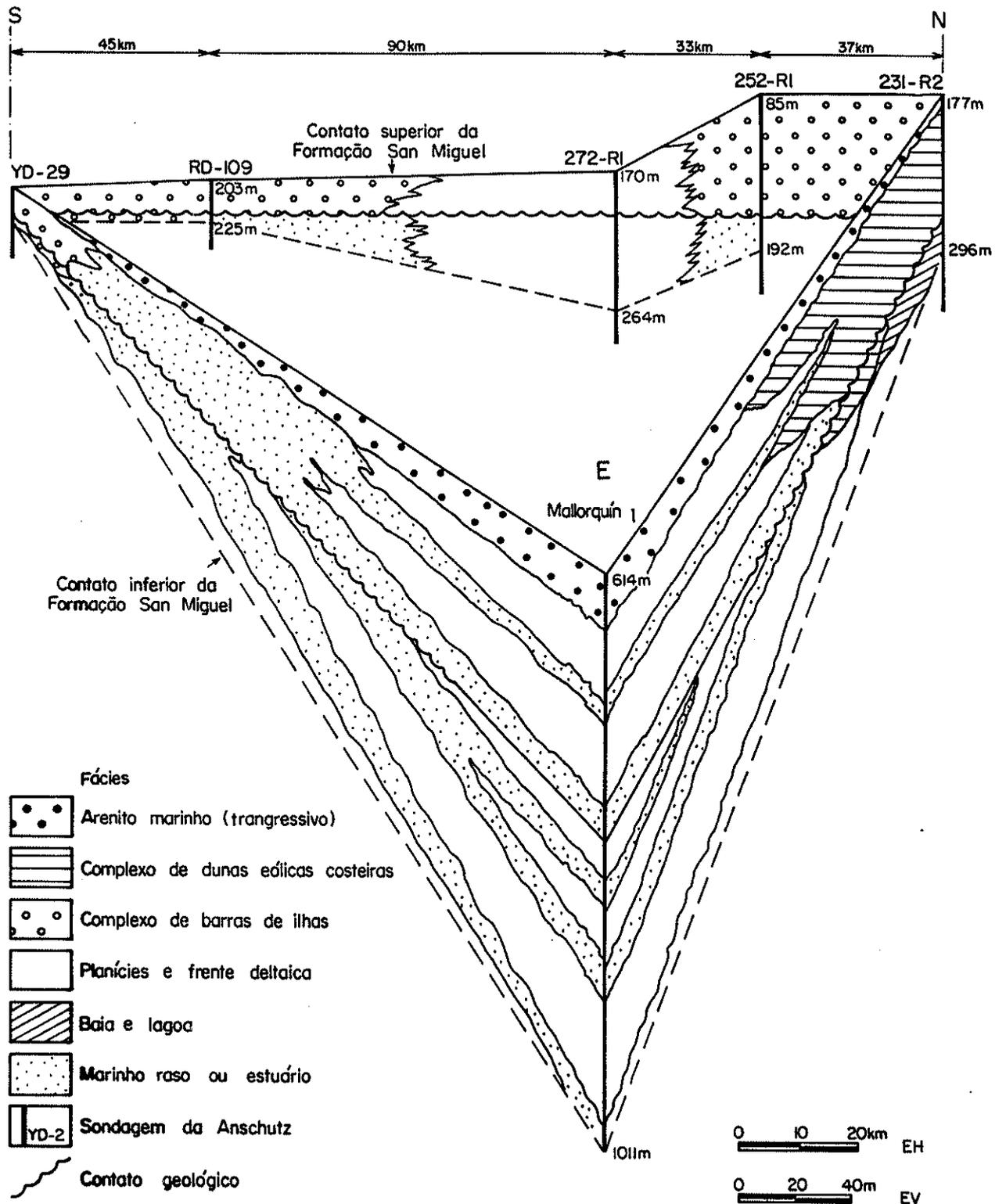


Figura 13 - Correlação das fácies da Formação San Miguel baseada nos poços da Anschutz e Texaco (extraído de Thornburg et al., 1993).

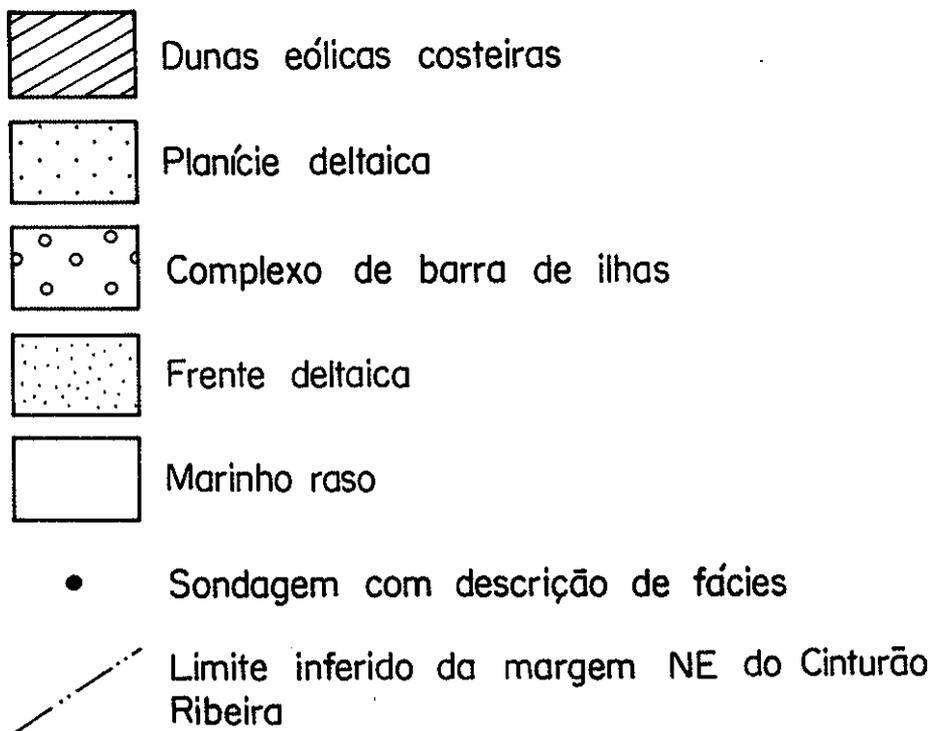
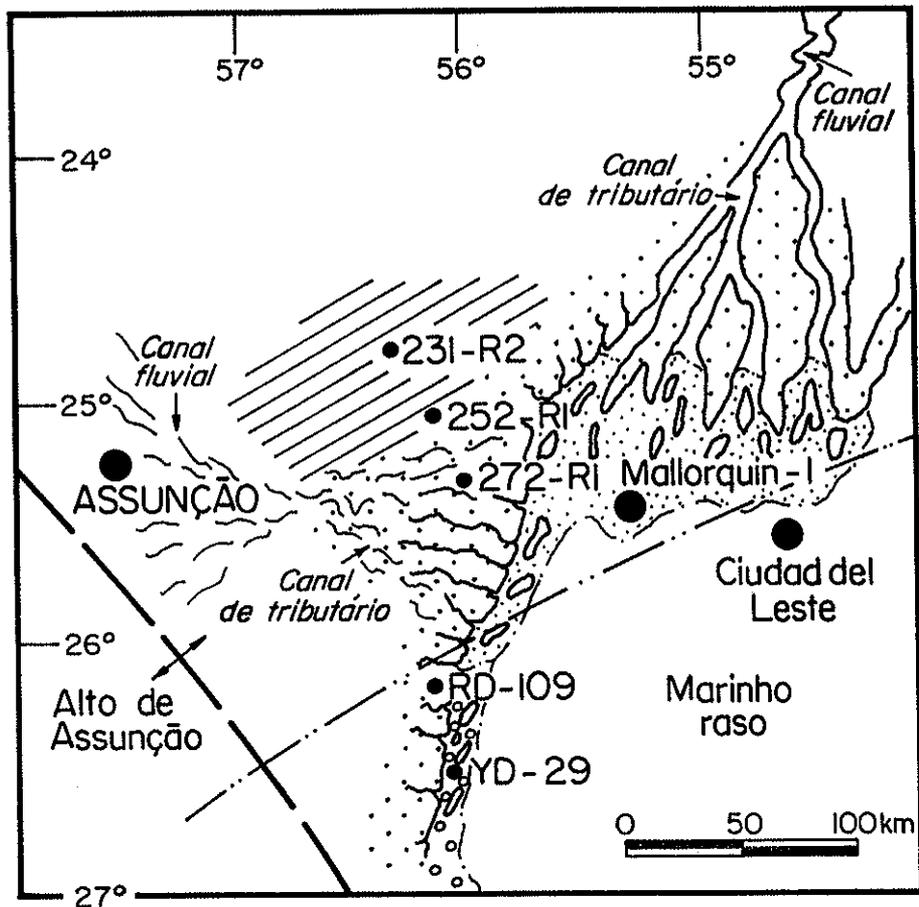


Figura 14 - Paleogeografia da porção SE do Paraguai durante a deposição da Formação San Miguel (extraído de Thornburg et al., 1993).

maré distais. Segundo Thornburg et al. (1993), as espécies fósseis identificadas são comuns a ambiente costeiro e marinho raso, o que leva a supor para esta unidade uma deposição no Permiano Médio (pós-glacial), que se processou, ainda que de forma intermitente, em comunicação com o mar, pela região SE, e em associação com a abertura do Oceano Atlântico.

3.7.2.4. Petrografia

Thornburg et al. (1993) caracterizaram esta unidade como constituída (Fig.10) predominantemente por sedimentos arenosos (arenito da Formação San Miguel) de coloração vermelha-arroxeadada, granulação fina a média, grau de maturidade alto, com ocorrência subordinada de tipos arcossianos e "sub-litharenites" (5-25% de fragmentos de rocha, 65-95% de quartzo, quartzito e chert, além de <10% de feldspatos, conforme McBride, 1963, in Bates e Jackson, 1980). A fração clástica revela ainda, ao lado de quartzo, com teor variável entre 75-95 %, a presença de feldspatos e de fragmentos líticos. Os grãos de quartzo exibem grande diversidade textural e evidências de recristalização. Os feldspatos estão representados por microclínio/ortoclásio, enquanto que plagioclásio é uma fase subordinada. Como fragmentos de rocha, distinguem-se material granitóide, chert, metassiltitos, argilitos, folhelhos, metavulcânicas ácidas e vulcânicas básicas. Magnetita, ilmenita, granada, zircão, rutilo e titanita estão presentes na condição de componentes menores.

3.7.2.5. Estruturas primárias

As observações feitas nos furos executados pela Anschutz e Texaco permitiram definir as estruturas sedimentares presentes como características de fácies de canais de maré. Desse conjunto, fazem parte estruturas diversas (herringbone cross-lamination, wavy and flaser bedding etc.) descritas por Thornburg et al. (1993).

3.7.2.6. Área-fonte

Como se pôde depreender das características gerais das suas rochas, a Formação San Miguel é fruto de sedimentação tendo uma área-fonte periférica associada a escudo cratônico, na parte norte, e uma outra de natureza interiorana, o Alto de Assunção (Fig. 14), na porção oeste (Thornburg et al., 1993). Como indicado pelas particularidades litológicas, essa sedimentação muito possivelmente se deu numa seqüência de cobertura (Pré-cambriano Superior a Paleozóico tardio), reunindo sedimentos deformados no período Pré-cambriano Inferior a Paleozóico recente. Por outro lado, os grãos primários de quartzo e feldspato parecem derivados de rochas granulíticas e graníticas pré-cambrianas, ocorrendo associadas a metassedimentos, metavulcânicas e vulcânicas, e interpretadas como relacionadas a cinturões móveis e "greenstones" do período Pré-cambriano e Paleozóico Inferior (escudo brasileiro). Embora, aqueles autores tenham noticiado a ocorrência de "volcanic debris" na

Formação San Miguel, foi também admitida a possibilidade de sua relação com os detritos de Samfrau, provavelmente depositados numa bacia do tipo "foreland" (e.g., Bacia de Pangazo).

3.7.2.7. Ambiente de sedimentação

Ao longo dos anos, grande número de pesquisas tem se preocupado em melhor caracterizar a sedimentação permiana no país. Entre os trabalhos que mais contribuíram para esse propósito, destacam-se os realizados pela empresa Texaco, que há muito vem se dedicando ao assunto, e o de Thornburg et al. (1993). Estes últimos autores, investigando as fácies deposicionais comuns à seqüência clástica da Formação San Miguel, conseguiram definir o seu comportamento litológico (mineralógico e petrográfico), estratigráfico e estrutural. A partir de evidências sedimentares, chegaram à caracterização de quatro grandes grupos de ambiente de deposição de rochas (fácies), que foram reunidos em quatro regiões geográficas, de forma a facilitar o trabalho de descrição.

I. Região Noroeste (Furos 231-R2 e 252-R1)

Corresponde à porção setentrional da área de afloramentos de direção NS (San Estanislao), além de incluir a borda ocidental da Bacia do Paraná, sendo formada por fácies de dunas eólicas costeiras e lagoas arenosas.

II. Região Centro-Oeste (Furo 272-R1)

Corresponde à seção mais central das ocorrências de subsuperfície do Paraguai Oriental (Coronel Oviedo), incluindo ainda o flanco ocidental da Bacia do Paraná. As características gerais indicam fácies de depósitos deltaicos influenciados por marés e ondas.

III. Região Sudoeste (Furos RD-109, YD-29 e RD-35)

Corresponde aos afloramentos meridionais, orientados segundo NS (Caazapá até

IV. Região Centro-Leste (Furo Mallorquín 1)

Posicionada na zona leste da região oriental do Paraguai, especificamente mais para o interior da Bacia do Paraná, e mostrando ciclos (progradacionais) de depósitos de costa afora (off shore) e deltaicos dominados por marés.

Em adição, aqueles autores consideraram ainda cada ciclo como sendo constituído comumente por fácies em ordem crescente de granulação, reunindo pró-delta (off shore), frente deltaico (distal to proximal tidal bars) e planície deltaica (distributary channels or tidal channel), daí resultando o fato da formação conter ciclos sucessivos de fases de deltas destrutivos e depósitos transgressivos.

3.7.3. Formação Tacuary

3.7.3.1. Generalidades

O projeto PAR 83/005 (1986) e Wiens (1991) introduziram modificações na coluna estratigráfica feita por Carlson (1981), que levaram à eliminação das unidades Boquerón,

Tapytá e Cabacué, e ao reposicionamento da Formação Tacuary. A argumentação utilizada foi a de que as litologias anteriormente descritas e individualizadas como Formações Tapytá e Cabacué teriam uma idade Mesozóica (Eolianites pós-Tapytá, posicionado no Triássico/Jurássico, segundo Andreis et al., 1992, apud Thornburg et al., 1993); adicionalmente, consideraram o arroio Tacuary como a principal área de exposição da formação que lhe empresta o nome.

Segundo o trabalho da Texaco (1991), as seqüências clásticas representam a principal litologia da formação, sendo reconhecidas tanto em superfície como em sondagens. Os dados obtidos indicaram espessura de 50 a 100 m para essas seqüências, conquanto valores maiores (p.e. 150 m, poço RD-80) tenham sido registrados no centro da bacia.

3.7.3.2. Distribuição territorial

A Formação Tacuary ocupa uma faixa mais ou menos contínua, com cerca de 200 km de extensão e largura variável, que se estende no sentido NS com mergulho para SW (Texaco, 1991) (Fig. 2). Seu limite setentrional é a cidade de San Estanislao, enquanto que o meridional corresponde ao povoado de Yuty, junto ao Alto de Assunção; na porção oriental, acha-se confinada à localidade de Curuguayaty, conhecida na literatura como Alto de Ygatimí.

Segundo Wiens (1991), a secção tipo é encontrada nas imediações de Yuty, no leito do arroio Tacuary. Neste local, nota-se predominância de arenitos e siltitos em detrimento dos termos pelíticos, além da presença de calcários arenosos, camadas oolíticas e nódulos silicosos; em subsuperfície, determinou-se uma espessura de 280 m para esta unidade.

3.7.3.3. Posição estratigráfica

A Formação Tacuary assenta-se de modo concordante sobre os arenitos da Formação San Miguel (Fig. 5), sendo essa relação observada na parte oriental da sua área de exposição, mais especificamente no Alto de Ygatimí, na região do arroio Morotí (Cachimbo) e junto ao povoado de Yuty. O contato superior, feito com sedimentos da Formação Misiones, é, contudo, de difícil observação devido à similaridade litológica em algumas áreas e ao grau de alteração das rochas. De qualquer modo, não há dúvida quanto ao seu caráter discordante erosivo, sendo bem visíveis as intercalações de arenitos e folhelhos sotopostas à Formação Misiones (p.e. em San Estanislao; Proyecto PAR 83/005, 1986). Isto, não obstante em alguns locais da região nordeste, terem sido assinaladas relações concordantes entre os sedimentos do Grupo Independencia e da Formação Misiones (Wiens, 1991). Nas proximidades de Yuty, esses mesmos sedimentos exibem contato de falha. Já o contato com os derrames basálticos é de caráter discordante litológico e intrusivo. Na parte norte-noroeste, nas imediações do rio Paraguai, a Formação Tacuary acha-se parcialmente recoberta por sedimentos da Formação Santa Rosa e por aluviões atuais. Por outro lado, na estrada que liga Assunção a Ciudad del

Leste, no leito do arroio Morotí, ocorrem camadas de calcários oolíticos e concreções silicosas, com estratificação cruzada, que se dispõem concordantemente com os sedimentos sotopostos da Formação San Miguel.

Alguns poucos afloramentos desta unidade são encontrados nas vizinhanças da localidade de Colonia Independencia, onde aparecem capas de calcários e arenitos finos contendo fósseis atribuídos à Formação Tacuary (Proyecto PAR 83/005 (1986). Segundo este trabalho, trata-se de lamelibrânquios (cf. Herbst e Leguizamon, 1982, 1984); além disso, é também citada a descoberta de fósseis invertebrados (*Piramus anceps*, *Pinzonella Neotrópica*, *Terraia aff altissima*, *Jacquesia sp. indt.* e *Piramus s.n.*). Conforme descrito por Harrington (1950), essa fauna acha-se representada por uma associação constituída por *Pinzonella Neotrópica Sensu* (Kunnegar e Newel, 1971, apud Proyecto PAR 83/005, 1986). Desse modo, a idade Permiana é atribuída com base na relação litoestratigráfica e no conteúdo paleontológico da fauna de invertebrados. Herbst (1974, apud Proyecto PAR 83/005, 1986) referiu-se ainda à existência de uma flora da espécie *Osmundites Brasiliensis* (Guaierea Cornieri), que, no entanto, possui pouco valor para fins de determinação de idade e correlação.

3.7.3.4. Petrografia

As rochas pertencentes à Formação Tacuary foram reunidas, segundo Wiens (1991), em diversas variedades de arenitos e siltitos (Fig. 10).

Arenitos

Estão presentes em diversas camadas, com a mais inferior delas apresentando variedades de coloração cinza-amarelada, que passa por vezes a cinza-esverdeada; a textura é clástica e os grânulos são em geral subarredondados e bem selecionados; a matriz é predominantemente de natureza carbonática, além de portadora de traços de pirita.

Aparecem ainda na forma de leitos com intercalações de calcários arenosos ou mesmo associados a horizontes silticos de cor cinza; estratificação cruzada é visível, dando-se também o reconhecimento em certos horizontes de oólitos com lentes e nódulos de chert, bem como de vestígios de troncos petrificados. Os arenitos exibem cor cinzenta, que grada, em função do seu grau de alteração intempérica, para tonalidades cinza-amarelada, cinza-avermelhada e cinza-amarronzada.

Siltitos

Estas rochas são de cor cinza claro e, mais subordinadamente, rosada (em parte devido à presença de feldspatos) a marron-avermelhada. O conteúdo fossilífero acha-se restrito a restos de troncos silicificados, além de associado aos termos de granulação mais fina.

Os siltitos apresentam transição para as variedades mais arenosas, sendo mesmo

possível a distinção de termos intermediários (arenitos silticos) que se caracterizam pelo baixo grau de arredondamento dos grãos de quartzo e pela seleção pobre. Acamamento é visível e, mineralogicamente, foram identificados cristais de pirita e traços de óxidos de manganês.

3.7.3.5. Ambiente de sedimentação

As condições de formação da seqüência em apreço encontram-se definidas pelas ocorrências de Colonia Independencia (Proyecto PAR 83/005, 1986), onde foram descritas capas de calcários oolíticos e arenitos finos, com estratificação cruzada e marcas de ondas, sugerindo um ambiente de deposição relacionado a planícies de maré. Não obstante, a presença de outras variedades litológicas (p.e. margas e folhelhos carbonáticos) seja interpretada como indicativa de condições marinhas e mesmo lagunares; adicionalmente, arenitos e folhelhos (San Estanilao) parecem refletir um ambiente costeiro, com barras arenosas e lagoas. Em geral, segundo o projeto PAR 83/005 (1986), a Formação Tacuary foi muito possivelmente depositada em ambiente de águas rasas, na zona de intermarés (proximidades da linha da costa), em superfície plana, estável e pouco emersa.

Há diversos trabalhos se ocupando desta unidade como um todo, porém, apenas alguns forneceram elementos importantes para a elucidação do seu ambiente de sedimentação. Coube a Texaco (1991), analisando mais minuciosamente as sondagens da Anschutz, a realização de pesquisas estratigráficas e faciológicas sobre os afloramentos permianos da região oriental. Nesse trabalho, considerou-se a existência de um ambiente de deposição costeira associado a contribuições várias: fluvial, lacustre e lagunar. Essa sedimentação teria se processado em uma superfície plana, possivelmente uma extensa plataforma, próxima da linha da costa, sobre a qual foram depositados sedimentos fluviais, lacustres e de lagoas pouco profundas. Nesse ambiente teve lugar a formação da quase totalidade dos sedimentos arenosos, além dos siltitos e folhelhos.

Os dados de subsuperfície, pela importância que têm na confirmação do ambiente deposicional da seqüência clástica da Formação Tacuary, receberam atenção especial no trabalho da Texaco (1991), com o fornecimento de informações sobre o comportamento litológico (mineralógico e petrográfico), estratigráfico e estrutural desses sedimentos. A partir dessas evidências, foi feita uma discussão geral sobre as fácies presentes nos furos da Anschutz (211-R1, 231-R2, 252-R1, 272-R1, RD-80, RD-109 e YD-29), de forma a facilitar melhor a sua caracterização.

Nesses furos, a espessura estimada para os sedimentos da Formação Tacuary variou de 60 a 200 m; a partir da base do seu contato com a Formação San Miguel até a superfície, foram caracterizadas fácies diversas indicando clara dominância de condições lacustres, fluvio-lacustres e lagunares.

3.8. Formação Misiones

3.8.1. Generalidades

Harrington (1950) empregou pela primeira vez na literatura geológica do Paraguai o nome Misiones para definir os arenitos que afloram em Bella Vista e Capitán Bado, ao norte, e Coronel Bogado e Encarnación, ao sul, sendo a secção tipo descrita na região de San Juan Bautista e Santa Rosa. Nessa primeira caracterização, os arenitos foram retratados como sendo de cor vermelha, granulação média a grossa, e formados de grânulos bem arredondados de quartzo; a matriz é composta de argila hematítica, localmente silicificada. Aquele autor adotou para a unidade uma idade Triássica. Eckel (1959), analisando afloramentos de rochas sedimentares entre os rios Tebicuary e Paraná, confirmou a correspondência dos sedimentos clásticos da Formação Misiones com aqueles descritos por Harrington (1950). Disso se concluiu que essas rochas ocorrem numa faixa de direção NS, com largura de 20 a 70 km, e tendo como limites, ao norte, o rio Apa e, ao sul, o rio Paraná.

Putzer (1962) assinalou a presença desses arenitos na localidade homônima de Misiones, tendo proposto para os tipos maciços, sem estratificação, um ambiente de sedimentação eólica e para os finamente estratificados condições subaquosas de formação. Ainda nesse trabalho, comentou ser a espessura da unidade em superfície variável de 50 (Caaguazú) a 250 m; mais ainda, que ela se dispõe de forma transgressiva sobre formações mais antigas.

Anônimo (1966) utilizou o termo Formação Misiones para designar os sedimentos arenosos de cor vermelha, com influência eólica e fluvial, respectivamente, na porção inferior e superior da seqüência que ocorrem nas imediações de Assunção, Villa Hayes, Benjamín Acebal, Limpio, Yaguarón, Nueva Italia, Villeta, Areguá, Luque e San Lorenzo. No que diz respeito a estudos na região norte-nordeste do país, o projeto Cuenca del Plata (1975) referiu-se aos arenitos Misiones como sendo depósitos do Jurássico Superior que, pelas suas características litológicas, foram formados em ambiente desértico com alguma contribuição fluvial.

Hutchison (1979a), examinando as características litológicas e sedimentares da formação, concluiu pela sua natureza eólica e ambiente desértico de formação, ainda que tenha também admitido para a sua parte basal uma contribuição dada por sedimentação fluvial. Esse autor dividiu a formação em duas fácies, sendo a inferior de pequena espessura e constituída por arenitos maciços, de granulação fina a média, bem arredondados a subangulosos, e com intercalações de argilas; eles apresentam camadas espessas e estratificação cruzada. A porção basal é caracterizada pela presença de arenitos de granulação grossa passando a conglomeráticos.

Mais recentemente, a classificação de Formação Misiones encontrou aceitação geral,

exceção feita ao projeto PAR 83/005 (1986), que considerou as unidades aflorantes dentro do "rift" de Assunção como sendo análogas às das formações terciárias (Formação Patiño). Ainda nesse trabalho, os autores salientaram que a Formação Misiones engloba pacotes sedimentares que, por sua extensão, espessura e características litológicas, representam unidades litoestratigráficas diferenciadas daquelas localizadas no interior do "rift", e tidas como Formação Patiño. Por outro lado, em subsuperfície, verificaram que o início da sedimentação da Formação Misiones, junto à parte basal da seqüência, foi marcado pela presença de uma fácies associada a planícies aluviais e ambiente fluvial (Formações Tapytá e Cabacué, posicionadas no Permiano Superior por Carlson, 1981), muito embora a quase totalidade do processo tenha se dado em ambiente eólico. Deduz-se daí a integração dos termos Tapytá e Cabacué, englobados na categoria de Formação, e conservando a denominação de Misiones para as unidades essencialmente arenosas. A argumentação utilizada pelos autores foi a de que as litologias anteriormente descritas e individualizadas como Tapytá e Cabacué teriam sido formadas no Triássico, ainda que apresentem características semelhantes às da Formação Misiones, sendo por esta razão nela incluídas, e dando ensejo a que a ela fosse atribuída uma idade Triássica a Jurássica.

Segundo Wiens (1991), a Formação Misiones apresenta uma secção tipo a 3 km a W de San Juan Bautista, no Departamento de Misiones, onde são descritas camadas maciças, com estratificação plano-paralela e laminação cruzada, de arenitos de cor vermelha uniforme, com granulação variável de média a grossa. Os grãos de quartzo são bem arredondados, pouco cimentados, e a matriz é argilosa hematítica, por vezes silicificada. A porção inferior da seqüência é de natureza conglomerática.

3.8.2. Distribuição territorial

Com uma área exposição de aproximadamente 36.197 km², a Formação Misiones ocorre na região oriental do Paraguai formando uma faixa com 525 km de extensão e largura média de 10 km (Fig. 2). Esta tem como limites as cidades de Bella Vista e Pedro Juan Caballero, ao norte, e o município de San Cosme e Damian, ao sul. Os sedimentos se estendem de forma contínua pela periferia do planalto basáltico, desde a Cordilheira de Amambay até pelo menos a cidade de Encarnación, no extremo sul.

Nos poços perfurados pela Anschutz, as maiores espessuras encontradas para a formação foram entre 150 e 250 m (Cordilheira de Ybytyruzú), ainda que esporadicamente valores maiores (450 m) tenham sido assinalados.

3.8.3. Posição estratigráfica

Na porção norte-nordeste do país, a Formação Misiones acha-se assentada de modo discordante erosivo sobre os arenitos da Formação Aquidabán; na parte central, sobre as

formações permocarboníferas; e na região sul, sobre a Formação Tacuary (Fig. 5). Ainda nesta última região, ela se sobrepõe por meio de falhas às rochas pré-cambrianas do Grupo Caapucú. Na Serra de Amambay, o contato superior é discordante erosivo e se dá com basaltos da Formação Alto Paraná. Adicionalmente, em subsuperfície, apresenta-se interdigitado com derrames basálticos, indicando um processo policontemporâneo. Em alguns locais os sedimentos são ainda penetrados por rochas magmáticas básicas e alcalinas de idade Mesozóica. O contato inferior com a Formação Tacuary, embora de difícil reconhecimento no campo, é motivo de controvérsias quanto à sua natureza, discordante erosivo ou concordante, à vista da dificuldade de distinção segura entre as duas litologias. Por outro lado, as modificações promovidas pelo projeto PAR 83/005 (1986) na coluna estratigráfica (Permiano ao Triássico), eliminando os termos transicionais Tapytá e Cabacué de Carlson (1981), e posicionando-os na porção inferior da Formação Misiones, refletem as similaridades dessas unidades, a sugerir assim a continuidade da Formação Tacuary, sotoposta, para a porção basal da Formação Misiones, sobreposta. Mencione-se ainda que esta última é também encontrada recoberta discordantemente por sedimentos das Formações Depósitos Detríticos e Santa Rosa.

Uma idade Triássica a Jurássica para a Formação Misiones é aceita unanimemente na literatura geológica. A idade Triássica é fundamentada nos basaltos que situam a Formação Alto Paraná entre o Jurássico Superior e o Cretáceo Inferior (Velázquez, 1992), sendo a contemporaneidade dessas rochas aceita sem ressalvas.

3.8.4. Petrografia

Na revisão estratigráfica do Paraguai, o projeto PAR 83/005 (1986) descreveu os arenitos da Formação Misiones como apresentando estratificação cruzada de médio a grande porte, além de caracterizados pela presença de duas fácies: uma inferior, de origem fluvial, e uma superior essencialmente eólica.

A inferior reúne arenitos maciços, de granulação fina a média, por vezes com intercalações argilosas, e mostrando localmente estratificação cruzada (Fig. 10). Invariavelmente, eles contêm horizontes de conglomerados ou brechas, sendo os seixos de argilito, siltito e folhelho.

A superior é bimodal do ponto de vista granulométrico, com a estratificação cruzada de maior porte associada a grãos com dimensões variáveis (500-700 a 177-250 μ) na sua porção final. Em outros afloramentos associados a arenitos bimodais (p.e. Colonia Independencia, particularmente na cachoeira Boni) são visíveis amplos "sets" de estratificação cruzada, com largura variável de 4 a 12 m e altura de 1,5 a 3 m. Localmente, os arenitos exibem fenômenos de silicificação.

No geral, essas rochas são homogêneas, com pouco material argiloso, friáveis, e de coloração predominantemente avermelhada, amarelada, rosada ou ainda clara. Elas se mostram constituídas quase que exclusivamente de grãos de quartzo, sendo os feldspatos raros ou mesmo ausentes. Os grânulos são arredondados e bem selecionados, de granulação fina a média, e exibem superfícies lisas e polidas. Estratificação plano-paralela e cruzada representam as estruturas sedimentares mais comuns.

3.8.5. Ambiente de sedimentação

O ambiente de deposição da Formação Misiones tem sido objeto de muitas discussões nos últimos tempos, conquanto pareça não haver divergências quanto à origem eólica em ambiente desértico das suas camadas mais espessas. Para o projeto PAR 83/005 (1986), em áreas em que a coluna geológica dos arenitos Misiones se apresenta mais completa, incluindo-se aí os termos basais Tapytá e Cabacué (Carlson, 1981), tem-se, para a parte basal dessa seqüência de sedimentos, um ambiente de deposição identificado com planícies aluviais e associado a sedimentação fluvial; para a porção superior, as condições sugerem uma deposição essencialmente arenosa de origem eólica.

3.9. Formação Alto Paraná

3.9.1. Generalidades

Harrington (1950) descreveu na Serra de Amambay, junto à porção nordeste do país, extensos derrames de lavas básicas do Triássico Superior, às quais denominou de "eruptivas da Serra Geral". Citou a existência de afloramentos de basaltos e andesitos básicos, sendo as rochas predominantemente de cor escura, matriz afanítica, e portadoras de pequenos e escassos fenocristais; eventualmente, elas contêm amígdalas, que se acham preenchidas por sílica secundária.

Eckel (1959) referiu-se à ocorrência de lavas basálticas da Serra Geral, cobrindo largas áreas, ao longo do rio Paraná e de seus afluentes (Guairá, Yguazú, Ñacunday e Monday). Em adição, descreveu basaltos em Carmen del Paraná e diabásios em Cordillera de Altos, Villarrica e Caaguazú. Em geral, os basaltos exibem cor escura a preta e textura afanítica, com os cristais idiomórficos de feldspato dispostos numa matriz microcristalina contendo feldspatos e piroxênios. Estes estão representados nessas rochas por uma augita, por vezes alterada a óxidos de ferro (ilmenita). Adicionalmente, identificou amígdalas preenchidas por clorita, calcedônia e quartzo.

Putzer (1962) considerou os basaltos do Paraguai como equivalentes aos da Formação Serra Geral, além de assentados em discordância erosiva sobre os arenitos da Formação Misiones; atribuiu a essas rochas uma idade Jurássica a Cretácica.

Anônimo (1966) propôs a designação provisória de Formação Alto Paraná para as rochas

basálticas aflorando no Vale do Ypacaraí (Quadrícula 40 de Ita); incluiu também nessa formação os corpos diabásicos intrusivos nos sedimentos silurianos e triássicos.

Em seu trabalho de reconhecimento geológico da porção norte-nordeste do país, o projeto Cuenca del Plata (1975) descreveu a ocorrência de derrames basálticos junto às escarpas do planalto de Amambay, sendo os melhores afloramentos encontrados nas proximidades da nascente do rio Aquidabán. Nessa área de exposição, apresentando largura variável de 20 a 50 km, a espessura estimada dos derrames é de 140 m, valor este determinado na subida para o Cerro Chiriguelo. Em geral, essas rochas são de coloração preta, textura afanítica, além de portadoras de cavidades e amígdalas preenchidas por diversos minerais; ao microscópio, se assemelham em muito aos basaltos toleíticos da Formação Serra Geral. Os autores chamaram também a atenção para a pequena quantidade de diques e "sills".

No trabalho da Anschutz (1981) é apresentada coluna geológica onde se inclui a Formação Alto Paraná, ali representada por rochas extrusivas básicas na forma de derrames, com intercalações de arenitos, e mais comumente como diques cortando camadas sedimentares.

No seu relatório final, o projeto PAR 83/005 (1986) caracterizou os derrames basálticos como sendo constituídos essencialmente por rochas toleíticas, com idade entre 127 e 108 Ma, e relacionadas a um magmatismo do tipo "hot stop", que deu origem ao platô basáltico do Paraguai. Comentaram ainda o fato de não terem sido reconhecidos até então na Formação Alto Paraná tipos petrográficos intermediários. Em subsuperfície, verificaram espessura de 700 a 800 m (represa de Itaipú) para esses derrames.

3.9.2. Distribuição territorial

Afloramentos desta formação são encontrados em toda a margem direita do rio Paraná na forma de uma faixa de direção NS (Fig. 2), cuja extremidade norte extrapola os limites da cidade de Pedro Juan Caballero; para o sul, com pequenas interrupções, a área de ocorrência se estende além da fronteira com a Argentina.

De uma superfície de cobertura de material vulcânico totalizando aproximadamente 800.000 km², os derrames basálticos da Formação Alto Paraná ocupam 24.867 km². Dados de sondagem obtidos pela empresa Hidrogeom Perforaciones, na área de Hernandarias, indicam para essa unidade valores de espessura acima de 800 m, bem como permitem verificar o seu contato interdigitado com os arenitos sotopostos da Formação Misiones.

3.9.3. Posição estratigráfica

As rochas efusivas da Formação Alto Paraná na área estão assentadas de maneira uniforme e horizontalmente sobre os sedimentos eólicos da Formação Misiones, além de capeadas de forma irregular pelos arenitos da Formação Acaray (Fig. 5). O contato superior

com a Formação Acaray ou outras unidades quaternárias é do tipo discordante erosivo. Quanto ao inferior com a Formação Misiones, alguns autores aceitam-no com discordante erosivo; enquanto que para outros, a julgar pela contemporaneidade das duas formações, ele é do tipo contato concordante e interdigitado. Em subsuperfície, verificou-se a simultaneidade da deposição dos arenitos com os períodos de interrupção das atividades magmáticas. Cessadas as interrupções, os arenitos foram recobertos por novas fases de material efusivo, a demonstrar que a deposição eólica persistiu à época do vulcanismo.

3.9.4. Geocronologia

As rochas vulcânicas da Formação Alto Paraná foram datadas radiometricamente pelo método K/Ar, com os dados disponíveis constando da Tabela 4 (extraída de Velázquez, 1992).

Tabela 4 - Idades K-Ar de rochas basálticas da Formação Alto Paraná (extraído de Velázquez, 1992).

<i>Ref.</i>	<i>Localidade</i>	<i>Petrografia</i>	<i>Idade (Ma)</i>	<i>R_o</i>
2	Cidad del Leste	Basalto	132,6±6	0,70593
2	Caaguazú	Andesibasalto	131,0±6	0,70608
2	Ybytyruzú	Basalto	108,0±6,5	0,70598
2	Ybytyruzú	Andesito	117,7±9,3	0,70607
2	Ybytyruzú	Basalto	111,9±11	
2	Ybytyruzú	Basalto	121,4±5,8	
1	Ybytyruzú	Diabásio	127,0±10	
1	Ybytyruzú	Diabásio	108,0±10	

Referências: 1. Comte e Hasui (1971); 2. Bitschene (1987).

3.9.5. Petroquímica

Os estudos petroquímicos efetuados dizem respeito a rochas coletadas no Paraguai por P. Comin-Chiaramonti, estando os dados analíticos reunidos nos trabalhos de Bellieni et al. (1986) e Piccirillo et al. (1987, apud Velázquez, 1992). Invariavelmente, a suíte vulcânica se faz representar por rochas do tipo basáltico e andesibasáltico, com textura afírica a subafírica, sendo a sua distinção no campo muito difícil. Microscopicamente, as rochas apresentam uma associação mineralógica tendo como fases dominantes plagioclásios, piroxênios (augita e pigeonita), olivina (comumente alterada) e opacos. Esses toleitos se caracterizam pelo conteúdo variável de TiO₂ (<2% e > 3%) e elementos incompatíveis (Ba, La, Ce, Zr, P), e mostram diferenças marcantes em relação às rochas homônimas da Bacia do Paraná em território brasileiro, refletindo possivelmente grau de fusão diferente para uma fonte mantélica de natureza granada peridotito.

3.10. Formação Acaray

3.10.1. Generalidades

Harrington (1950) fez referência a arenitos de cor clara, contendo intercalações de leitos finos de carvão, na bacia do rio Pirapó, na porção noroeste da cidade de Encarnación, tendo atribuído a essas rochas uma idade cretácica.

Eckel (1959) citou brevemente a ocorrência de camadas de rochas sedimentares no vale do rio Paraná, na parte noroeste de Encarnación. Ali, identificou exposições de material mais jovem, de idade cretácica, sobreposto aos derrames basálticos da Formação Serra Geral.

Maack (1962) descreveu lençóis de "trap" no leito do rio Paraná, comumente sotopostos por arenitos eólicos de um deserto mesozóico. Mais tarde, o mesmo autor mencionou tratar-se de arenitos "supratrap", ao qual denominou de Caiuá, correlacionando-os ainda com as exposições do Paraná e Mato Grosso.

Putzer (1962) descreveu um conjunto de sedimentos friáveis e natureza areno-quartzosa, tendo dividido a seqüência em uma porção inferior, à qual se referiu como arenitos Caiuá, e uma superior designada de arenito conglomerático Baurú. Esse material foi encontrado nas proximidades de Yhú, Caaguazú, Ytaquyry e Hohenau, sobreposto aos derrames de basaltos.

A Formação Acaray foi objeto de estudos pela Anschutz (1981), que a caracterizou nas cercanias do rio homônimo. Ela foi definida como constituída essencialmente por arenitos friáveis de cor vermelha-amarronzada a amarela e granulação fina a média, passando freqüentemente a conglomerática.

O projeto Cuenca del Plata (1975) empregou o termo Formação Capitán Bado para caracterizar os depósitos arenosos e conglomeráticos, de idade Cretáceo Superior, que se sobrepõem a rochas basálticas no município de Pedro Juan Caballero, nas imediações do povoado de Capitán Bado. Essas rochas foram consideradas muito similares aos sedimentos do Grupo Baurú, que ocorrem no Estado de Mato Grosso.

Ainda utilizando a denominação de Formação Acaray, o projeto PAR 83/005 (1986) classificou o material da região de Capitán Bado como correspondendo a sedimentos suprabasálticos e descreveu a unidade como constituída essencialmente por arenitos de cor rósea, granulação fina, e por vezes portadores de fases micáceas.

Segundo Wiens (1991), a Formação Acaray, no conjunto de seus afloramentos, aparenta não ser muito bem selecionada, com a granulação variando entre areia e conglomerado; por vezes, as rochas são maciças e estratificação cruzada está presente. Esse autor adotou para a unidade uma idade Terciária.

3.10.2. Distribuição territorial

* A ocorrência desta unidade é bastante limitada, cobrindo apenas área aproximada de



1.000 km². Aflora em geral no planalto de Amambay, Mbaracayú e Alto Paraná e, mais precisamente, em Pedro Juan Caballero, Capitán Bado, Curuguaty e Salto del Guairá; na região meridional, ela aparece nas imediações de Encarnación, em Hernandarias, Monday, Ñacunday e no rio Acaray.

Wiens (1991) citou a ocorrência de sedimentos terciários sobrepostos aos basaltos nas proximidades do rio Acaray; eles formam um pacote de 40 a 80 m de espessura e se mostram constituídos por arenitos, com conglomerados em menor proporção.

3.10.3. Posição estratigráfica

Com base em evidências geológicas e litológicas, o projeto PAR 83/005 (1986) considerou os depósitos que cobrem o planalto de Amambay, Mbaracayú e Alto Paraná com sendo de sedimentação análoga à de certas áreas cretácicas dos Estados do Mato Grosso do Sul, Paraná e São Paulo. As observações de campo indicam contato discordante desses sedimentos com os derrames basálticos sotopostos da Formação Alto Paraná (Fig. 5). Já o contato superior é discordante em relação às unidades quaternárias.

As várias opiniões apresentadas permitem concluir que esta unidade se formou no intervalo de tempo compreendido entre o NeoCretáceo e o EoTerciário.

3.10.4. Petrografia

Os projetos Cuenca del Plata (1975) e PAR 83/005 (1986) descreveram os sedimentos da Formação Acaray como consistindo em arenitos de coloração rósea, granulação fina, e localmente contendo leitos conglomeráticos (Capitán Bado) (Fig. 10); por vezes, eles se mostram micáceos (Curuguaty e Salto del Guairá). Subordinadamente, foram observados depósitos de cascalhos, com seixos acima de 20 cm, e atingindo espessura de 50 m, como assinalado a norte de Pedro Juan Caballero, junto à nascente do rio Aquidabán; ali, foram reconhecidos seixos de quartzo, quartzito, silex, basalto e turmalina. Os autores, baseados nas características litológicas e sedimentares da unidade, sugeriram para ela uma deposição em ambiente continental de natureza eólica, passando a fluvial e lacustre na porção superior da seqüência.

3.11. Formação Patiño ✕

3.11.1. Generalidades

Com a denominação de arenitos Misiones, de idade Triássica, Harrington (1950), Eckel (1959) e Putzer (1962) procuraram englobar os sedimentos de granulação grossa e coloração avermelhada que ocorrem nas imediações de Assunção, Villa Hayes, Limpio, Luque, Areguá, San Lorenzo, Ypané, Nueva Italia, Villeta e Yaguarón. Mais tarde, Franco et al. (1980, apud Proyecto PAR 83/005, 1986) caracterizaram, nos arredores da cidade de Areguá, uma seqüência clástica de granulação grossa, com algumas centenas de metros de espessura,

constituída predominantemente por conglomerados. Estes, chamados de conglomerados Patiño (Spinzi, 1983), têm a sua distinção na coluna estratigráfica associada a locais onde as características litológicas mostram mudanças ou evidências de episódios geológicos marcantes.

Com o propósito de analisar a evolução da falha de Ypacarai, De Graff et al. (1981) fizeram estudo geológico e geofísico da borda ocidental do Vale homônimo. Esses autores, baseados num regime tectônico do tipo força dupla, em que a direção principal coincide com o seu eixo, verificaram que essa força teria originado um regime tectônico tensional dextral (zonas de cisalhamento), criando, assim, um sistema de falhas ao longo daquele eixo. Um processo de erosão seletiva teria atuado mais rapidamente sobre as rochas afetadas por esse sistema, deixando as bordas como duas linhas de falhas, e levando à configuração atual do Vale. Aí, teve lugar a deposição de material clástico imaturo, contendo seixos de rochas ígneas de idade EoTerciário. Por outro lado, os autores se referiram também à presença, nas proximidades de Assunção, de depósitos compostos de arenitos avermelhados, semiconsolidados, e portadores de fósseis do NeoTerciário ao EoQuaternário.

Posteriormente, coube a DeGraff e Orué (1984) a realização de estudos estruturais envolvendo feições ("rift", "graben" e falhas normais) originadas a partir de uma tectônica distensional, como a reconhecida na região meridional do Paraguai (Rift de Assunção). Nesta mega-estrutura se deu o desenvolvimento de fraturas, que se fizeram acompanhar de processos de distensão, ruptura e soterramento de sedimentos paleozóicos subjacentes aos depósitos do NeoCretáceo ao EoCenozóico, os quais extravasaram a sedimentação no "rift". O projeto PAR 83/005 (1986), em seu relatório sobre a geologia geral do Paraguai, empregou pela primeira vez o termo Formação Patiño para designar uma associação litológica consistindo essencialmente em conglomerados e arenitos, respectivamente, junto à base e parte superior da seqüência; os autores sugeriram ainda uma idade do Cenozóico Inferior para essas rochas.

Báez Presser (1992) descreveu, na área da Folha 5569-III La Colmena, nas proximidades da falha de Acahay, depósitos clásticos pós-magmático, de idade Mesozóica, constituídos por sedimentos de granulação grossa, pouco coesos, apresentando seixos de diversos tamanhos e litologias derivadas de fontes variadas (Grupo Caacupé, conglomerados e arenitos; Formação Alto Paraná, basaltos; Formação Sapucaí, rochas alcalinas). Segundo esse autor, esses sedimentos seriam correlacionáveis à Formação Patiño.

Tratando dos aspectos tectono-magmáticos da Província Alcalina Central, de idade Mesozóica, Velázquez (1992) propôs modelo em que se procura explicar a origem e evolução da mega-estrutura conhecida como "Rift de Assunção". O autor subdividiu os estágios

evolutivos em quatro ciclos: A, com idade de 160 a 145 Ma; B, 145 a 135 Ma; C, 135 a 120 Ma; e D, 60 a 15 Ma. Nesse trabalho, deu ênfase aos fatores relacionados com as atividades magmáticas, muito embora, em função da inversão de relevo provocada pelas transformações tectônicas, os quatro estágios tenham sido responsáveis por processos erosivos e mudanças da área-fonte dos sedimentos.

Wiens et al. (1993), com base em estudos focalizando a evolução tectono-estrutural do Bloco de Assunção, bem como nas características dos sedimentos associados à bacia dessa localidade, introduziram modificações na coluna estratigráfica do projeto PAR 83/005 (1986), que implicaram na eliminação da unidade conhecida como Formação Patiño. Por outro lado, adotaram para esses sedimentos o nome Formação Palacios, termo este que entendemos também como mais apropriado, e propuseram a subdivisão da seqüência em três ciclos: inferior, médio e superior.

3.11.2. Distribuição territorial

A Formação Patiño apresenta distribuição irregular e cobre superfície aproximada de 2.000 km². Aflora em todo o extremo NW do "rift", nos arredores de Benjamín Aceval e Villa Hayes, no Chaco Paraguai, e de modo mais acentuado no canto SE, nas imediações da Serra de Ybytymí.

Outros afloramentos podem ser vistos nas localidades de Assunção Limpio, Luque, Areguá, San Lorenzo, Ñemby, San Antonio, Ypané, Villeta, Nueva Italia e Yaguarón, onde a unidade atinge uma espessura máxima de 200 m. Transposta a Cordilheira de Yaguarón, na direção da cidade de Paraguari, essa formação se faz presente junto aos povoados de Sapucaí e General Bernardino Caballero, daí se estendendo até a Serra de Ybytymí.

3.11.3. Posição estratigráfica

No interior do "rift", a Formação Patiño assenta-se discordantemente sobre os depósitos marinhos do Grupo Itacurubí (Fig. 5), acidentalmente sobre a Formação Arroyos Esteros em subsuperfície, além de estar capeada, em discordância angular, pelos sedimentos quaternários da Formação Santa Rosa e aluviões recentes. Por outro lado, as relações com rochas ígneas apontam em certos locais para a existência de metamorfismo de contato.

As várias opiniões encontradas na literatura indicam que esta unidade estratigráfica está compreendida no intervalo entre o NeoCretáceo e o EoTerciário.

3.11.4. Petrografia

A Formação Patiño, embora apresente grande diversidade litológica, mostra-se homogênea nas suas diversas litofácies. Os sedimentos associados a mega-estruturas e referidos como "sin-rift" são formados basicamente de quatro litofácies, sendo duas delas de natureza conglomerática, uma fanglomerática e a última arenosa (Fig. 10).

Conglomerática

Aqui estão incluídos conglomerados de natureza oligomítica e polimítica. Os primeiros são de cor clara, às vezes cinzenta, sem estratificação, em geral semiconsolidados, passando de friáveis a localmente silicificados, e possuem matriz quartzosa de granulação média a grossa. A fração clástica contém seixos arredondados de quartzo, variando em diâmetro de poucos milímetros a 10 cm, e acidentalmente de fragmentos de rochas (quartzito). Os segundos exibem coloração rosada a cinzenta e características texturais semelhantes às dos anteriores. A fração clástica, contudo, é de natureza variada, reconhecendo-se seixos de quartzo, quartzito e quartzito micáceo, calcário e de nefelinito com xenólitos mantélicos. Os seixos são subarredondados a angulosos, com as maiores dimensões não excedendo a 15 cm. A exemplo dos oligomíticos, não foram observadas variações na granulometria dessas rochas ao longo da seqüência.

Fanglomerática

Os fanglomerados são de cor avermelhada a amarronzada, sem estratificação, semiconsolidados, pouco selecionados, por vezes friáveis, e localmente silicificados. A matriz é de granulação média a grossa, natureza silicosa-argilosa e acha-se impregnada por óxidos de ferro. A fração clástica contém seixos angulosos a subarredondados, com diâmetro passando de poucos milímetros a 40 cm, e composição variada onde é possível distinguir-se fragmentos de quartzo, quartzito, arenito, argilito e de rochas básicas alcalinas com material carbonático. Da base para o topo da seqüência nota-se diminuição da granulometria.

Arenosa

Estes arenitos são de coloração avermelhada-arroxeadada, por vezes amarelada, bem selecionados, friáveis a localmente silicificados, e com estratificação cruzada. A granulação é variável de fina a grossa, reconhecendo-se também horizontes mais conglomeráticos e mesmo feldspáticos. A matriz é constituída predominantemente por minerais argilosos e encontra-se impregnada por óxidos de ferro, em geral associados a palhetas de sericita e muscovita.

3.11.5. Ambiente de sedimentação

Como consequência do regime tectônico que afetou a porção centro-oriental do país, e relacionado do ponto de vista genético com o processo de abertura do Oceano Atlântico, formou-se a mega-estrutura conhecida como "Rift de Assunção", englobando todos os depósitos clásticos imaturos reunidos sob a denominação de sedimentos "sin-rift", e análogos aos da Formação Patiño. Nessa fossa, teve início, no EoTriássico, a acumulação de sedimentos com características de depósitos de talude (conglomerados) e desenvolvidos em um substrato irregular devido ao relevo da área-fonte junto às margens oriental e ocidental da

estrutura. A partir de então, a área permaneceu alagada, algumas vezes em decorrência da reativação de falhas contrárias ao escoamento regional, possibilitando, assim, a deposição, em áreas negativas de subsidência rápida, de sedimentos de cones aluviais, coluviais e deltas (fanglomerados), que compuseram uma superfície de agradação, mais tarde cortada pela drenagem dos tributários da região, e, subordinadamente, pela do rio Paraguai no extremo norte. Como resultado, registrou-se então uma grande variação litológica de uma região para outra em razão da mudança da área-fonte e, mais ainda, do tectonismo local contemporâneo ao processo de sedimentação.

Integram também esse ambiente de deposição os sedimentos "pós-rift", que são caracterizados pela presença de seqüências constituídas predominantemente por frações clásticas finas (Formação Santa Rosa e Formação Aluviões Atuais, do Quaternário).

Com base na cronologia estabelecida por Velázquez (1992) para os eventos magmáticos afetando a área, conclui-se que os estágios C e E (intervalo de 135-31 Ma) acham-se relacionados à evolução sedimentar da fase "sin-rift", que tem conglomerados e arenitos como principais litologias, e que a Formação Patiño pode ser incluída no NeoCretáceo a EoTerciário.

3.11.6. Sedimentos associados (pós-alcálico)

3.11.6.1. Generalidades

A primeira referência a essas rochas é devida a Mariano (1978), que englobou sob a denominação de "pós-carbonatito" os sedimentos aluviais situados no interior das depressões dos complexos dos Cerros Chiriguelo e Sarambí. Para o autor, essas acumulações são constituídas por material derivado de rochas alcalinas do tipo fenito e por fragmentos clásticos da margem externa da estrutura dômica, e têm a sua origem ligada a processo pós-magmático. Posteriormente, Druecker (1981) referiu-se à existência de períodos de erosão e deposição havidos após o término da atividade alcalina, com o complexo do Cerro Chiriguelo mostrando sedimentos associados a ambiente aluvial e coluvial, e portadores de fragmentos angulosos de rochas ígneas, cuja área de exposição tem como limite oriental arenitos e basaltos. Nesse mesmo trabalho, o autor investigou a intrusão alcalina de Cerro Guazú, onde observou a interrupção do processo de deposição desses sedimentos, com o hiato correspondendo a uma discordância estratigráfica marcada pela ocorrência de um conglomerado pós-complexo.

Da mesma forma, Livieres (1987), ao estudar o complexo do Cerro Chiriguelo, empregou o termo sedimentos pós-intrusivo para designar brechas e conglomerados expostos na sua porção setentrional; já a fácies arenosa, de granulação fina a média, encontra-se distribuída junto às partes central e meridional da intrusão. Quanto à espessura do pacote arenoso, ela foi estimada em sendo no máximo de 40 m; ainda mais, que o seu valor tende a aumentar

para o norte. As duas fácies apresentam coloração rosada a avermelhada e, como regra geral, os termos conglomeráticos predominam na porção basal da seqüência e os arenosos na parte superior.

3.11.6.2. Distribuição territorial

Regionalmente, os afloramentos desta unidade são encontrados dentro de estruturas tectônicas, os mais característicos dizendo respeito aos complexos anelares do planalto de Amambay (Cerros Chirigué, Guazú e Sarambí), na região norte-nordeste do país. Nesse quadro, o planalto de Amambay se coloca como um extenso divisor entre as planícies do rio Paraguai, a oeste, e do rio Paraná, a leste, e compreende um conjunto de morros dispostos na direção geral NS, que tem como corpo principal a conhecida Serra de Amambay, e como feições menores as colinas de Chirigué, Guazú e Sarambí.

3.11.6.3. Posição estratigráfica

O posicionamento dos sedimentos pós-alcalino na área do planalto de Amambay acha-se bem definido à vista do fato de as suas relações de contato (capa e lapa) se darem com unidades de idade diferente. O contato inferior apresenta discordância litológica, em superfície irregular erosiva, com as rochas alcalinas dos complexos dos Cerros Chirigué e Sarambí, de idade NeoJurássico a EoCretáceo. Para o Cerro Guazú, ainda que não observada, é admitida uma inconformidade erosiva com os arenitos eólicos da Formação Misiones. Já o contato inferior com a Formação Alto Paraná é discordante erosivo (Fig. 10).

Os afloramentos destes sedimentos consistem principalmente em depósitos colúvio-aluviais e não exibem feições ou mesmo estruturas sedimentares que facilitem uma melhor avaliação do seu ambiente de formação. Os pacotes reunindo conglomerados e arenitos não permitem uma separação nítida entre depósitos aluvionares e colúviais, sendo por isso tratados como um conjunto de rochas continentais derivadas a partir de sedimentação fluvial e lacustre.

Em geral, o planalto de Amambay representa a área-fonte destes sedimentos, abrangendo litologias que vão desde o Pré-cambriano até o Mesozóico. As rochas deste último período, compreendendo produtos sedimentares e magmáticos (alcalinas e vulcânicas básicas), estão associadas aos sedimentos pós-alcalino, como visível nos complexos dos Cerros Chirigué, Guazú e Sarambí, onde chegam a cobrir aproximadamente 75% da sua área de exposição.

Adicionalmente, foram reconhecidos no interior do "Rift de Assunção", entre os povoados de Sapucaí e Ybytymí, sedimentos similares aos presentes nos depósitos conglomeráticos daquele planalto.

3.11.6.4. Petrografia

Os sedimentos pós-alcálicos consistem essencialmente em conglomerados e arenitos, com ocorrência subordinada de fanglomerados e brechas (Fig. 10). Segundo Livieres (1987), eles podem ser divididos em duas fácies, conglomerática e arenosa.

Conglomerática

Esta fácies, correspondendo à porção inferior da seqüência, é representada por um conglomerado polimítico, maciço, de cor vermelha, com 15-40% de quartzo, e matriz de granulação fina a média. A fração clástica contém fragmentos, angulosos a subangulosos, de dimensões (seixos até matacões) e litologias variadas (rochas metassedimentares, p.e. mica xistos; rochas alcalinas; basaltos); acessoriamente, são encontrados grânulos de feldspato (sanidina e plagioclásio).

Arenosa

Os arenitos possuem cor vermelha, textura clástica com aspecto sacaróide, e se mostram bem compactados e cimentados; acamamento plano-paralelo é visível. Ao microscópio, reconhecem-se grãos de quartzo bem arredondados, de dimensões submilimétricas a milimétricas, e, em menor proporção, de feldspato (microclínio e plagioclásio). A matriz é composta basicamente de minerais argilosos, impregnados por óxidos de ferro e responsáveis por sua coloração avermelhada; localmente, o material cimentante é de natureza silicosa. Zircão está presente na condição de acessório.

3.12. Grupo Rio Paraguai

3.12.1. Generalidades

Os trabalhos discutidos nesta seção, somadas às citações pontuais feitas em outras partes da dissertação, formam uma lista de material bibliográfico ainda escasso sobre o quaternário do Paraguai Oriental, a não permitir uma avaliação mais crítica sobre a geologia dessas formações. Frise-se ainda que o número de citações comentadas é menor que o total das referências bibliográficas efetivamente disponíveis, uma vez que o nosso maior interesse é acompanhar a evolução das idéias, além de discutir as interpretações globais. Procurou-se fornecer, a seguir, uma melhor caracterização dos sedimentos constituintes das planícies do rio Paraguai, a partir dos levantamentos geológicos executados, que permitiram estabelecer as condições de formação dessas unidades e o seu posicionamento estratigráfico.

Para atingir-se os objetivos acima é feita uma análise das discussões geológicas constantes dos trabalhos do Projeto Radambrasil (1982), Iriondo (1993) e Báez e Orué (1994).

O progresso das pesquisas sobre os depósitos quaternários da zona litorânea do rio Paraguai se deu com os trabalhos do Projeto Radambrasil (1982) e, na última década, com os de Iriondo e García (1992) e Iriondo (1993). A esses, adicionam-se também os estudos de

caráter detalhado realizados por Báez e Orué (1994) nas zonas interiores.

A cobertura sedimentar quaternária das planícies do rio Paraguai e a sua situação ao longo da encosta gondwânica, onde a elevada energia do relevo acha-se bem preservada desde o final do período dos derrames basálticos da era Mesozóica, possibilitam não só o registro de uma atividade das mais expressivas em termos de área de exposição e espessura, como também a caracterização de uma grande diversidade de processos geológicos associados.

Os sedimentos quaternários das regiões oriental e ocidental do Paraguai, cobrindo superfície aproximada de 75.000 km², formam uma faixa de 900 km de extensão e largura média de 80 km, tendo como limites geográficos Puerto de Bahia Negra, ao norte, e Paso de Patria, ao sul. Em geral, eles compreendem uma parte da bacia hidrográfica do rio Paraguai, em território paraguaio e brasileiro, e do rio Paraná, em território argentino (Fig. 15). A separação desses sedimentos das rochas mais antigas da área foi feita preliminarmente com o auxílio de fotografias aéreas, complementando-se o trabalho com dados de campo.

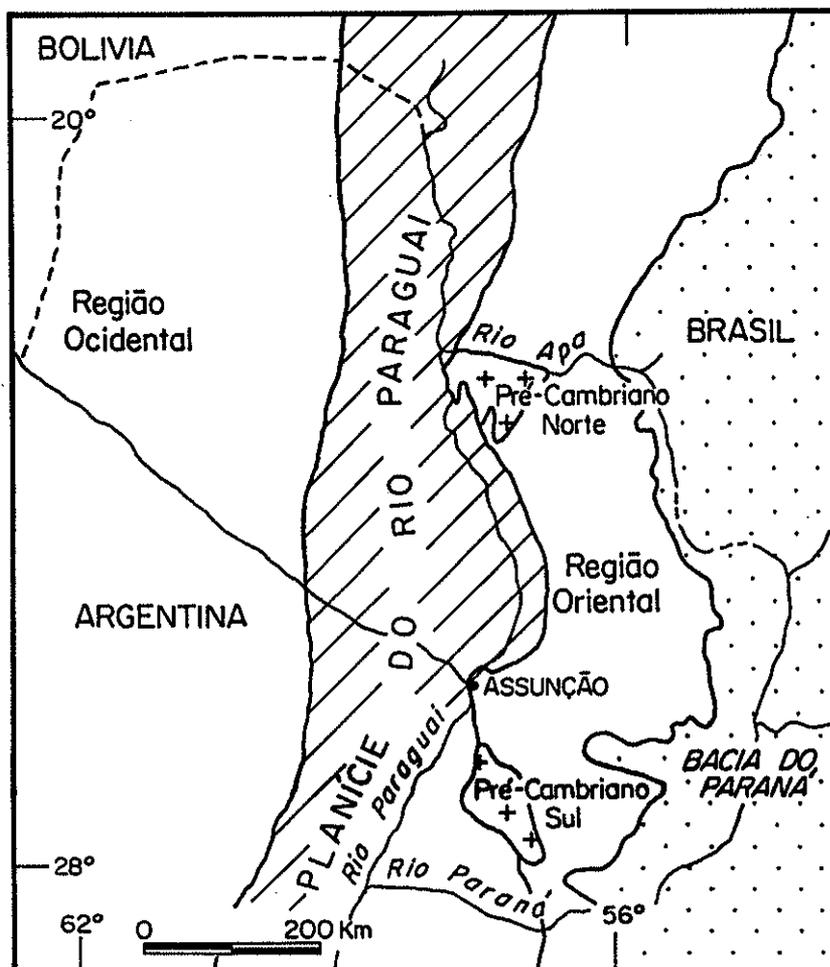


Figura 15 - Área de influência do Grupo Rio Paraguai na planície do rio Paraguai.

Segundo Franco e Pinheiro (1982, apud Projeto Radambrasil, 1982), a Depressão do rio Paraguai é marcada pela presença de feições geomorfológicas específicas, como a superfície rebaixada entre o planalto de Maracaju-Campo Grande, a NE, e a planície do rio, a W. A área central dessa feição acha-se interrompida pelo planalto de Bodoquena, além de distribuída irregularmente por trechos inundáveis do pantanal mato grossense.

3.12.1.1. Area-fonte

As rochas antigas na área da região oriental do Paraguai, vistas apenas como fonte dos detritos clásticos e químicos, constituem um conjunto de idade Pré-cambriana a NeoTerciário, de características semelhantes às encontradas junto às litologias que ocorrem na margem ocidental da Bacia do Paraná.

As rochas pré-cambrianas a mesozóicas do Brasil e as unidades do Complexo do Apa, juntamente com as litologias do Grupo Coronel Oviedo e Formação Aquidabán do Carbonífero, Grupo Independencia do Permiano, e Formações Misiones e Alto Paraná do Jurássico-Cretáceo, estão presentes ao longo de toda a porção oriental do Paraguai como uma faixa descontínua de afloramentos, além de separadas por contato discordante dos sedimentos detríticos mais recentes (Formação San Lazaro e, subordinadamente, Formação Santa Rosa), imediatamente sobrepostos (Báez e Orué, 1994).

3.12.1.2. Descrição da área e seus depósitos

Não só o caráter geomorfológico, mas também os paleoclimas que influenciaram na sedimentação da drenagem pretérita (planícies do rio Paraguai), que possuía um controle de nível de base regional dado pelas alturas atingidas pelas várias inundações ocorridas no quaternário, permitem contribuir ao melhor conhecimento da geologia dessas formações. As condições paleoclimáticas reinantes no passado foram aparentemente uniformes para a região do Alto Paraguai, ao norte, daí se estendendo, em direção ao sul, até os terrenos alagados de Ñeembucú. Não só a sua existência, mas também as suas flutuações, são passíveis de registro em áreas favoráveis, como assinalado, por exemplo, junto à porção meridional da planície do rio Paraguai, interpretada como a continuidade de uma superfície rebaixada, que é referida como Depressão do rio Paraguai. A configuração dos sedimentos quaternários dessa área está condicionada a um paleorrelevo que preservou em muito a sua forma na época atual.

Morfologicamente, a área em questão acha-se situada, a leste, numa posição limítrofe entre o "front" do relevo de cuevas, que se desenvolveu sobre as unidades permocarboníferas dos Grupos Coronel Oviedo e Independencia e das Formações Misiones e Alto Paraná, e o início da região fisiográfica caracterizada como a Depressão do rio Paraguai ou Bajo Chaco, em conformidade com Franco e Pinheiro (1982, apud Projeto Radambrasil,

1982). Desse modo, a sedimentação na região obedece nitidamente ao padrão imposto pelo grande conjunto morfológico, ainda que siga igualmente as feições menores.

No que diz respeito aos aspectos ambientais, os depósitos podem ser agrupados em três categorias: Terraços Antigos, Planícies Aluviais sub-recentes e Planícies Atuais (Báez e Orué, 1994).

No conjunto de Terraços Antigos, é possível distinguir-se depósitos de encostas, constituídos por colúvios-aluviais, aluviões e lateritas ferruginosas, além de formados por detritos inconsolidados de granulação fina a média. Localmente, reconhecem-se também conglomerados com cimento carbonático e calcários concrecionários (Formação San Lazaro), que se apresentam como uma faixa descontínua ao longo da periferia de zonas topograficamente alçadas, e em áreas não inundáveis (Báez e Orué, 1994). Na porção setentrional do Paraguai Oriental, nos arredores do Complexo do Rio Apa até a parte meridional do Alto de Assunção, os sedimentos detríticos acham-se, respectivamente, sobrepostos a rochas calcárias e depósitos ordoviciano-silurianos.

Sob a denominação Planícies Aluviais sub-recentes, são aqui tratados os sedimentos formados em áreas interfluviais periodicamente inundáveis, apresentando natureza arenosa, silto-argilosa ou mesmo conglomerática (Formação Santa Rosa), e cuja descontinuidade lateral foi constatada. A geometria desses depósitos resulta do preenchimento completo de um canal por acreção vertical, devido ao abandono do meandro, ou da formação de diques marginais. Em ambos os casos, o seu comprimento varia de algumas centenas a milhares de metros, enquanto que a espessura em superfície não ultrapassa a 20 m. Esses depósitos estão presentes com alguma frequência, ainda que se mostrem mais restritos ao interior da área (Báez e Orué, 1994).

Já as Planícies Atuais, formadas de aluviões recentes, são em geral pouco espessas (0,5 a 1 m), refletindo possivelmente uma sucessão de estratos reunindo sedimentos, solos desenvolvidos em planícies fluviais, bem como depósitos arenosos e conglomeráticos de acreção lateral. Constituem, aparentemente, o arcabouço sedimentar mais expressivo da área.

3.12.2. Sedimentos Detríticos

3.12.2.1. Generalidades

Báez e Orué (1994) reuniram numa só unidade os sedimentos colúvio-aluviais, aluviões e lateritas ferruginosas, englobando-os sob a denominação de Depósitos Detríticos (Fig.10), devido ao fato de apresentarem características semelhantes às das litologias constituintes dos Depósitos Detríticos do Quaternário (cf. Projeto Radambrasil, 1982). O material compõe-se de depósitos antigos de encostas, correlacionáveis aos terraços de piemonte, e que são descritos

como terraços com cascalheiras, contemporâneos à formação de piemontes sob condições de clima de semi-aridez alternada, estas muito distintas das vigentes no momento. Nessa época foram também esculpidos os piemontes, que com o desaparecimento da vegetação deixaram o material livre para ser levado, na fase úmida subsequente, e na forma de corridas de lamas e pedras (chuvas torrenciais), conglomerados e arenitos-siltosos para as depressões. Aí, ele veio a formar sedimentos correlacionáveis às encostas, estando a sua origem associada ao pediplano Plio-Pleistocênico.

Face à grande diversidade do tamanho e cor, e considerando ainda a repetição das litogias, torna-se difícil estabelecer quais os sedimentos mais freqüentes, contudo, é possível caracterizar-se zonas onde se observa maior predominância de um ou outro tipo. Assim, tem-se que os conglomerados estão mais concentrados na periferia da área, enquanto que o material mais fino tende a ocupar as suas porções internas.

Corridas de lamas e pedras

Aqui estão reunidos sedimentos mal classificados, sem acamamento, com fração clástica variável, e mostrando predominância ora da matriz, ora dos fragmentos. Estes últimos são angulosos a arredondados e apresentam dimensões que vão desde grânulos até pedras.

Conglomerados e areias

Integram este conjunto sedimentos mal caracterizados, constituídos por conglomerados com seixos subangulosos a arredondados, tamanho variado, e representados por quartzo, quartzito, arenito e rochas ígneas; a matriz inclui desde areia grossa até argila. Já as areias mostram estruturas primárias de corte e preenchimento, e contêm fração clástica de granulação média a grossa; subordinadamente, estão presentes fragmentos de rocha numa matriz silto-argilosa, por vezes com cimento ferruginoso.

Colúvios

Estes sedimentos são pouco coesos, inconsolidados, de coloração cinza a vermelha, e constituídos por material areno-siltoso; estruturas de deslizamento são visíveis.

3.12.3. Formação San Lazaro

3.12.3.1. Generalidades

Foi Putzer (1958) o primeiro a mencionar a existência de rochas clásticas, com cimento químico e concreções de calcários, associadas a material limonítico, nos arredores de Vallemí. Comparou essas rochas com os calcários da Formação Xaraiés, que ocorrem ao norte do Paraguai e na parte oriental do Estado de Mato Grosso do Sul, e sugeriu que nessas regiões deveria imperar um clima tropical; além disso, atribuiu a essas formações uma idade provavelmente Pleistocênica.

O projeto Cuenca del Plata (1975), tecendo considerações a respeito do quaternário na

região norte-nordeste do país, relatou a ocorrência de calcários de cor creme capeando as demais formações geológicas nas imediações do rio Paraguai, pedreira de Vallemí e arredores de San Lazaro. Neste último local, formaram-se calcários maciços a porosos (tufos calcários) com baixo teor de MgO. Por outro lado, descreveu, junto às faldas dos morros, a presença de brechas e conglomerados contendo matriz e fragmentos de natureza carbonática, e com espessura raramente indo além de 6 m.

A Formação San Lazaro (cf. Spinzi, 1987) está exposta na região de Vallemí, mas também é encontrada na localidade homônima e ao longo do rio Paraguai. É constituída por calcários puros (tufos calcários), brechas e conglomerados carbonáticos, além de travertinos e sinter calcários.

Wiens (1986) fez menção à ocorrência de sedimentos recentes congregando duas formações quaternárias. A mais nova (Q1), correspondendo a colúvio-aluviões, e a mais antiga (Q2), reunindo tufos calcários e travertinos; admitiu para elas características comuns a sedimentos depositados em ambientes alóctones e autóctones.

3.12.3.2. Distribuição territorial

A Formação San Lazaro tem a sua principal área de ocorrência localizada na região setentrional do Paraguai Oriental, mais precisamente no Departamento de Concepción. Ali, as rochas desta unidade são encontradas principalmente junto a encostas de morros, como nos arredores da cidade de Vallemí; afloram também ao longo do rio Paraguai, como no porto de Itapucumí, onde predominam no entanto rochas do grupo homônimo. Nesses locais, foram observados afloramentos de conglomerados com cimento carbonático, tufos calcários porosos, travertinos e calcarenitos.

3.12.3.3. Posição estratigráfica

As rochas da Formação San Lazaro estão assentadas discordantemente sobre os sedimentos clásticos e carbonáticos das Formações Vallemí e Cambájhopo do Grupo Itapucumí (Fig. 5).

Báez e Orué (1994), levando em conta evidências de campo obtidas junto a terrenos de encostas, consideraram a Formação San Lazaro, que cobre o planalto calcário do Grupo Itapucumí, de sedimentação análoga à de certas áreas com Depósitos Detríticos e ocupando a periferia de depósitos de piemonte. Com base nessas evidências, posicionaram a unidade no Pleistoceno, sugerindo, no entanto, que o início da sua deposição teria se dado no Plio-Pleistoceno, uma vez que a sedimentação reconhecida parece estar mais associada a um piemonte antigo, refletindo contemporaneidade após a abertura da Depressão do rio Paraguai (Projeto RadamBrasil, 1982).

3.12.3.4. Petrografia

Os calcários da Formação San Lazaro nos arredores de Vallemí, embora não formando grandes afloramentos, acham-se expostos ao longo do rio Paraguai, sendo algumas dessas ocorrências bem características, sobretudo as encontradas em associação com os sedimentos sotopostos do Grupo Itapucumí. Dentre elas, mencionem-se as representadas por conglomerados carbonáticos e tufos calcários (Fig. 10). Os primeiros são maciços, de matriz fina, sem estratificação, e exibem cor cinza escuro a amarronzada. Contêm seixos arredondados, por vezes alterados, e matriz de cor creme a cinza; os fragmentos possuem composição carbonática e uniforme, passando de calcário branco cristalino a calcário arenoso; ocasionalmente, reconhecem-se concreções de travertino na bordas do seixos. Já os tufos calcários são de cor creme a cinza, cristalinos, com a granulação chegando às vezes a grossa; em geral, apresentam-se inconsolidados e de aspecto esponjoso.

3.12.4. Formação Santa Rosa

3.12.4.1. Generalidades

Presser e Crosa (1984) relataram a ocorrência de restos de vertebrados fósseis no arroio Candú, nas imediações de Ytororó, que foram depositados numa seqüência de sedimentos individualizados em três unidades quaternárias. A mais antiga, nível Q1, correspondendo a sedimentos bem selecionados, por vezes maciços, com predominância de areias de granulação média, além de associados a laminações de argila. O nível Q2, representado por sedimentos mal selecionados, com maior proporção de areias de granulação média a grossa, e contendo subordinadamente laminações de argila; níveis fossilíferos foram reconhecidos no contato inferior com a seqüência sotoposta. A terceira unidade, Q3, a mais nova, sendo formada de sedimentos com boa seleção e areias de granulação média; secundariamente, estão presentes areias finas com argilas. O material fóssil reúne espécies (Glyptodontes: Lestodontes e Megatherium) características de uma fauna pleistocênica.

O projeto PAR 83/005 (1986) descreveu a planície do rio Paraguai como sendo uma área plana sujeita a inundações periódicas. Esses autores separaram a Formação San Antonio, pertencente ao Terciário-Quaternário indiferenciado, da unidade Quaternária propriamente dita. A Formação San Antonio foi descrita por esses autores como sendo constituída por arenitos de granulação grossa, com intercalações de folhelhos, e apresentando seixos de argila no contato; ainda, a sua formação estaria ligada a um ambiente de sedimentação fluvial.

Báez e Orué (1994) descreveram os sedimentos da Formação Santa Rosa como sendo depósitos de Planícies Aluviais sub-recentes, na sua maioria depositados em um sistema flúvio-lacustre. Eles são de natureza arenosa, síltico-argilosa e argilosa, de coloração diversa (cinza, creme, amarela a rósea), e apresentam grau de consolidação variável. Esses autores

relataram a ocorrência de estratos horizontais de areias de granulação fina, siltes e argilas inconsistentes nas barrancas do rio Paraguai, contendo intercalações carbonáticas no pacote arenoso, além de fósseis de vertebrados. Por outro lado, se referiram também à presença em áreas caracterizadas como paleocanais de depósitos ricos em gesso e material pozolânico, em associação com uma matriz argilosa, sobrepostos, em discordância erosiva, sobre a unidade essencialmente arenosa.

3.12.4.2. Distribuição territorial

A Formação Santa Rosa é encontrada formando uma faixa de direção geral NS (Fig. 15), com cerca de 900 km de extensão e largura variável de 50 a 150 km, distribuída pelas margens direita e esquerda do rio Paraguai. A sua espessura é variável, como resultado da irregularidade do embasamento onde se assentam esses sedimentos. Na região ocidental, por exemplo, dados geológicos de subsuperfície possibilitaram verificar um rejeito do embasamento superior a 2.200 m.

3.12.4.3. Posição estratigráfica

A Formação Santa Rosa acha-se assentada de modo discordante sobre rochas as mais diversas e pertencentes a unidades variando desde o Pré-cambriano até o Terciário, a saber, Complexo do Rio Apa, Grupo Itapucumí, Grupos Caacupé e Itacurubí, Formação Misiones e Formação Santa Rosa. O contato superior é discordante com os sedimentos Aluviais Atuais.

3.12.4.4. Petrografia

Báez e Orué (1994) caracterizaram a formação em apreço como constituída predominantemente por sedimentos arenosos e siltico-argilosos de coloração variada (cinza, creme, amarela a rósea) (Fig. 10).

Esses autores identificaram dois conjuntos, com o inferior (Q1) marcado pela predominância da fração arenosa, apresentando cor amarelada a rósea e granulação fina a média; o grau de consolidação é variável e a estratificação concordante. Localmente, esses sedimentos se tornam mais conglomeráticos, com os seixos, em geral de rochas sedimentares, exibindo diâmetro de dimensões milimétricas a centimétricas. Registra-se ainda a presença, em diversos níveis, de horizontes ricos em concreções, estas comumente de composição calcária, e concentradas em particular nos locais mais elevados.

O conjunto superior (Q2) foi descrito como sendo formado de sedimentos bastante homogêneos e de composição química simples e uniforme. Eles são de natureza mais siltico-argilosa a argilosa, semiconsolidados, e podem conter matéria orgânica, cristais, nódulos e concreções de gesso, além de material com propriedades físicas e químicas comuns às pozolanas naturais. Ao contrário da situação anterior, as concreções de composição carbonática acham-se distribuídas de forma irregular, muito provavelmente como resultado de

processos de retrabalhamento. A geometria desses depósitos resulta do preenchimento completo de canais por acreção vertical, provocado pelo abandono do meandro ou da formação de diques marginais.

3.12.5. Aluviões Atuais

3.12.5.1. Generalidades

Esta unidade está inserida na área do Alto Paraguai, constantemente sujeita a inundações e alagamentos. Embora não apresente as condições genéticas de um pântano, ela mostra uma fisionomia muito similar, como ilustrado, por exemplo, pela região de Ñeembucú.

As planícies propriamente ditas proporcionam condições de deposição em ambiente flúvio-lacustre e, secundariamente, em áreas semelhantes a pântanos. Nas planícies estão incluídos os depósitos aluvionares que atualmente vêm sendo depositados nas margens, leitos e calhas dos córregos e rios tributários que desagüam no Paraguai (Fig. 10).

Estes sedimentos são encontrados na bacia hidrográfica dos rios de maior porte do país, com destaque para os depósitos clásticos do rio Paraguai, onde as acumulações cobrem faixa com mais de 10 km de largura, que se estende pela porção SE da cidade de Assunção (Iriondo, 1993).

Integram essa área de ocorrência os sedimentos detríticos primários constituídos por areias limpas, quartzosas, de granulação fina, tendo como área-fonte os arenitos cretácicos do Brasil e Paraguai. Subordinadamente, eles se dispõem de forma concordante com sedimentos siltico-argilosos portadores de illita e montmorillonita. Esses sedimentos representam camadas de areia na forma de canais, com espessura a mais variada e extensão, em subsuperfície, de dezenas de metros (Iriondo, 1994).

Entretanto, na região norte-nordeste (Alto Paraguai e Concepción), os depósitos mostram características diferentes. A fração clástica contém cascalhos, em geral mal selecionados, com seixos arredondados, formando lentes de várias centenas de metros de comprimento. O contato superior acha-se recoberto por bancos arenosos de granulação fina a grossa. Em alguns locais foram também observados horizontes de natureza mais siltica, que, contudo, não são muito típicos da unidade.

Segundo Báez e Orué (1994), o exame das fotografias aéreas desses sedimentos possibilita o reconhecimento no âmbito geral da paisagem de padrões indicativos de planície fluvial, como indicado pela presença de lagos de meandros em colmatagem, meandros abandonados colmatados, diques marginais, barras em pontal e ilhas aluviais.

Além disso, esses sedimentos sofreram a influência direta do regime hidrológico não só do rio Paraguai, como de seus tributários que tiveram origem em áreas calcárias.

CAPÍTULO 4

MAGMATISMO ALCALINO

4.1. Generalidades

As primeiras referências sobre rochas alcalinas no Paraguai remontam ao século passado com as experiências pioneiras de Hibschi (1891), em Cerro Ybytí e Apitaguá, e de Milch (1895), em Sapucaí e Cerro Tacumbú. Pöhlmann (1886), Carnier (1911, 1913) e Goldschlag (1913) divulgaram informações sobre diques sieníticos em Centurión, na região norte do país, bem como em Mbocayaty, na sua porção central. Adicionalmente, Bertoni (1921), Boettner (1947) e Miraglia (1965) assinalaram a ocorrência de rochas basálticas nas imediações de Assunção. Um das contribuições mais importantes ao conhecimento geológico do país foi a de Harrington (1950), fornecendo dados gerais sobre a distribuição e caracterização de grande número de afloramentos. Eckel (1959), examinando a possível existência de recursos minerais no Paraguai, ocupou-se da descrição petrográfica de rochas básicas, ácidas e alcalinas, e apresentou o primeiro esboço metalogenético. Os resultados obtidos por esse autor ofereceram evidências significativas sobre a distribuição das rochas alcalinas e são tidos como de grande utilidade do ponto de vista econômico no tocante à avaliação dos recursos naturais associados, mais especificamente, do seu potencial mineral. Putzer (1962) complementou o primeiro resumo sobre as ocorrências alcalinas, acrescentando as suas coordenadas de localização. Outro trabalho petroográfico de grande revelância foi o Putzer & Van den Boom (1962), tratando de alguns corpos que afloram nas margens do rio Paraguai (Alto Paraguai), e por eles enquadrados no assim chamado "Grupo Atlântico". Eles descreveram vários afloramentos de rochas plutônicas (essexitos, shonkinitos, sienitos e foiaítos), bem como ressaltaram a existência de corpos hipoabissais na forma de "sills", diques e "stocks".

Berbert e Triguis (1973) noticiaram a primeira ocorrência de carbonatitos no Paraguai, mais precisamente na região do planalto de Amambay (Pedro Juan Caballero), enquanto que Palmieri (1973) relatou a presença de rochas alcalinas as mais variadas junto ao complexo de Sapucaí, na porção central do país. Outras informações constantes da literatura dizem respeito à contribuição de Palmieri et al. (1974) sobre a geologia da área Ñe'a-Cerro Sarambí, igualmente na região de Amambay, e a de Stormer et al. (1975) focalizando os basanitos de Assunção. A década dos 70 ainda registra alguns trabalhos de maior fôlego, como o realizado na região norte-nordeste do país pelo projeto Cuenca del Plata (1975), e abordando, entre outros aspectos geológicos, os complexos alcalinos do planalto de Amambay (Cerros Chiriguelo, Guazú e Sarambí). Registre-se também o grande número de publicações inéditas

ou relatórios internos da Anschutz (p.e. Mariano, 1978; Willoughby, 1979; Hutchison 1979a,b; 1980a), dentro do programa de mapeamento geológico do Paraguai Oriental, sobre a distribuição e características mineralógicas de rochas alcalinas, notadamente as encontradas na porção norte-nordeste do Paraguai.

Posteriormente, o magmatismo alcalino foi objeto de alguma investigação geológica com vistas a avaliar a potencialidade das ocorrências carbonatíticas como fonte de material energético (minerais radioativos ricos em U e Th) (p.e. Cerro Chiriguelo=Cerro Corá, Premoli e Velázquez, 1981), ou mesmo de trabalhos específicos de natureza mais mineralógica associados a esses complexos (p.e. Haggerty e Mariano, 1983; Mariano e Druecker, 1985).

Mais recentemente, evidenciou-se uma maior preocupação com estudos de detalhe direcionados para a melhor caracterização geoquímica e gênese dessas rochas, como os de Livieres (1987) e Censi et al. (1989), focalizando o complexo carbonatítico de Cerro Chiriguelo. Este último procurou discutir a petrogênese das diferentes manifestações magmáticas reconhecidas, incluindo dados isotópicos (C, O) para as quatro fases de carbonatitos ali representadas. Outros trabalhos a merecerem destaque foram os realizados por Bitschene e Lippolt (1984) e Bitschene e Lippolt (1986) na Cordilheira de Ybytyruzú, na porção centro-oriental do país, ou ainda, o de Bitschene e Báez Presser (1989) abordando o condicionamento tectônico e a evolução petrogenética das alcalinas da Província Central. Ainda, como resultado de vários esforços, tem-se hoje uma grande quantidade de informações acumuladas sobre a distribuição e caracterização dos nefelinitos que afloram nas imediações da cidade de Assunção (Bitschene et al., 1985; Bitschene, 1987; Comin-Chiaramonti et al., 1986 e 1991b).

Ao final da década passada, verificou-se um aumento expressivo na quantidade de trabalhos publicados, principalmente sobre as ocorrências da porção centro-oriental do país, como resultado de um programa de cooperação científica reunindo pesquisadores de instituições diversas (Universidade Nacional de Assunção, Universidade de São Paulo e universidades italianas). Contribuições de cunho mais científico, empregando dados geológicos e geoquímicos, foram produzidas para algumas ocorrências daquela região, com destaque sobretudo para o complexo de Sapucaí, que teve a sua atividade filoniana investigada inicialmente por Gomes et al. (1989) e, mais tarde, por Comin-Chiaramonti et al. (1990a; 1991a,c,d; 1992b), ou ainda, para o maciço de Acahay (Comin-Chiaramonti et al., 1990b). Coube a Velázquez (1992) e Velázquez se ocuparem de modo mais detalhado da geocronologia da Província Alcalina Central; segundo esses autores, o pico de máxima atividade se deu no Cretáceo Inferior, com o intervalo de tempo compreendido entre 130 e 120 Ma. Mais recentemente, merecem registro as publicações de Gomes et al. (1993) e

Velázquez et al. (1993) sobre as ocorrências Permo-Triássicas (240-250 Ma) da região setentrional do país, correspondentes à Província do Alto Paraguai, assim como a de Comin-Chiaramonti et al. (1992c) noticiando uma nova área de ocorrência junto à extremidade sul do país, nas vizinhanças da cidade de San Juan Bautista. Por último, mencione-se o trabalho de Alcover Neto et al. (1995) fornecendo informações sobre a caracterização geoquímica dos minerais do grupo do pirocloro no maciço alcalino-carbonatítico do Cerro Chiriguelo.

4.2. Aspectos geológicos

A Bacia do Paraná é uma entidade associada a vários episódios geológicos (tectônicos, magmáticos e sedimentares), com destaque para a tectônica de falhas e a intensa atividade magmática (efusões de derrames basálticos e intrusões de corpos alcalinos). Nesse cenário, há que se registrar o importante papel desempenhado pelo magmatismo alcalino atuando junto às bordas oriental e ocidental da Bacia, respectivamente, em território brasileiro (Almeida, 1971, 1983; Herz, 1977; Ulbrich e Gomes, 1981; Rodrigues e Lima, 1984) e paraguaio.

Coube a Almeida (1983) a primeira tentativa de agrupar as múltiplas ocorrências alcalinas encontradas nos dois flancos da Bacia do Paraná, valendo-se, para tanto, de critérios diversos (distribuição geográfica, condicionamento tectônico etc.). Esse autor procurou reuni-las na forma geral de províncias, sendo as paraguaias por ele enquadradas na chamada Província Paraguai Oriental, esta concentrada em duas grandes áreas: norte, na divisa com o Estado do Mato Grosso do Sul, e central. Os dados coletados neste trabalho confirmam a suposição daquele autor quanto à extensão das relações envolvendo magmatismo e tectonismo. À fase rotativa da Plataforma Sul-Americana seguiu-se a formação de arcos, que se fez acompanhar de intenso falhamento e atividade magmática das mais significativas, traduzida nas manifestações alcalinas que se estenderam desde o Permo-Triássico ao Cretáceo Inferior, e no vulcanismo basáltico da Formação Alto Paraná, cobrindo extensas áreas da porção meridional da Bacia do Paraná.

Nesse sentido, não é possível esquecer-se o importante papel desempenhado pela tectônica, contribuindo não para os movimentos de subsidência regional, responsáveis pelo arcabouço stratigráfico-estrutural que, posteriormente, seria designado como a sinéclise do Baixo San Pedro, como também propiciando a formação de zonas de fraqueza associadas a fraturamento distensional e deslocamento vertical de blocos (falhas). A esses processos acham-se relacionados uma atividade magmática (básica e alcalina) de forma a mais variada (derrames, lavas, diques, complexos anelares, "plugs", "stocks" e domos) que atingiu indistintamente os Complexos do Rio Apa e do Rio Tebicuary, além da formação de bacias sedimentares paleozóicas e mesozóicas (Neo-Permiano a Eo-Terciário).

Na geologia paraguaia, Bitschene (1987) e Livieres e Quade (1987) procuraram chamar a atenção para a interdependência acima, cabendo a esses últimos a iniciativa de propor, com base em evidências diversas, a subdivisão da Província Paraguai Oriental (cf. Almeida, 1983) em Alto Paraguai (Permo-Triássico), Amambay e Central (NeoJurássico-EoCretáceo); a estas foram acrescentadas as Províncias de Misiones (Comin-Chiaramonti et al., 1992c) e Assunção (Cenozóico) (Fig. 2).

A relação das ocorrências alcalinas encontradas no Paraguai é fornecida na Tabela 5, enquanto que a Figura 16 mostra a distribuição dos corpos junto às diversas áreas.

4.3. Aspectos tectônicos

As características estruturais e geotectônicas da região oriental do Paraguai já foram discutidas em várias publicações, cabendo a Harrington (1950) a interpretação de que as áreas pré-cambrianas ao norte e ao sul constituem duas dorsais separadas por uma sub-bacia, que se situa nas proximidades de Concepción, estando todas essas feições orientadas para NW-SE. Putzer (1962) referiu-se a importante estrutura positiva de direção NS como "Anticlinal Central Paraguaio". Contudo, conforme sugerido por Northfleet et al. (1969) e IPT (1980), a distribuição e a atitude das camadas, bem como o traçado das isopacas, indicam que o Arco de Assunção já aparecia como um elemento linear de direção geral NS. Dos elementos tectônicos reconhecidos no Paraguai Oriental merece destaque o sistema de fraturas definido por Harrington (1950) como o gráben de Ypacaraí. Putzer (1962), no entanto, interpretou essa feição como sendo devida a falhas subverticais. Além das feições tectônicas citadas, cabe também menção às estruturas geológicas regionais de direção NW-SE e NE-SW, que foram objeto de alguma discussão nas publicações inéditas de Thomas (1976) e Anschutz (1980).

DeGraff et al. (1981), com base em dados geológicos, confirmaram a hipótese de a formação do Vale do Ypacaraí estar associada à existência de falhas normais orientadas segundo NW-SE. Posteriormente, DeGraff e Orué (1984) conseguiram esclarecer a tectônica desse Vale, dando a essa feição estrutural, que se constitui em uma enorme fossa com rejeitos da ordem de 1000 a 2000 m, a designação de "Rift de Assunção". Esta mega-estrutura, que se estende por cerca de 200 km com largura de 25 a 40 km, foi palco de intensa atividade alcalina na forma a mais variada: complexos anelares, diques, "stocks", "plugs" e domos.

Dados gravimétricos e magnetométricos (DeGraff e Orué, 1984)), juntamente com informações obtidas por Thomas (1976) a partir da análise de imagens ERTS, indicam um padrão de distribuição para os afloramentos superficiais coincidente com os maiores alinhamentos magnéticos definidos por Hales (1980).

Tabela 5 - Localização dos corpos alcalinos mesozóicos do Paraguai Oriental (extraído de Velázquez, 1992).

Ocorrência	Localização	Litologia	Forma	
PROVÍNCIA ALTO PARAGUAI				
01	Puerto Guaraní	50°02'W/21°32'S	F,S,Ns	Corpo intrusivo
02	San Carlos	57°21'W/22°14'S	F	Plug
03	Buena Vista	57°27'W/22°21'S	F	Plug
04	Santa Maria	57°31'W/22°42'S	Nb	Dique
05	Centurión	57°31'W/22°42'S	F,S	Dique
06	Vallemí		L	Dique
07	Santa Elena		Bs	Dique
08	Cerro Boggiani		Ns	Stock
09	Cerro Siete Cabezas		Ns	Complexo anelar
10	Cerrito (P. Coeyú)		F	Plug
PROVÍNCIA AMAMBAY				
11	Cerro Chiriguelo	55°57'W/22°37'S	Ns,S,Fe,C	Complexo anelar
12	Cerro Sarambí	56°14'W/22°45'S	Pi,S,T,Fe	Complexo anelar
	Cerro Apuá		T	Plug
	Cerro Perú		T	Dique
	Cerro Urybú		T	Dique
	Arroyo Gasory		T	Dique
13	Cerro Guazú	55°02'W/23°05'S	L	Dique
	Cerro Blanco		Sh	Dique
14	Cerro Tayay	55°53'W/23°00'S	Ui	Plug
15	Ypané	55°53'W/22°48'S	T	Estrutura subanelar
PROVÍNCIA CENTRAL				
16	Sapucaí	56°58'W/25°41'S	B,E,F,L,S,Sd,T,Te	Complexo subanelar
17	Potrero Ybaté	56°57'W/22°45'S	Sd,F,S,Br	Estrutura subanelar
18	Ybytymí	56°48'W/25°47'S	Nb,L,T	Dique/enxame
19	Apyraguá	56°53'W/25°55'S	E	Stock
20	Cerro San José	56°55'W/26°00'S	E	Stock
21	Aguapety Portón	56°22'W/25°31'S	Sh,Ns,E,Ms	Stock/dique
22	Mbocayaty	56°23'W/25°44'S	Sh,Ns,Te,Ma	Stock/dique
23	Villarica	56°18'W/25°47'S	Pm,T	Dique/plug
24	Cerro Capiitindy	56°25'W/25°44'S	T	Plug
25	Ybytyruzú	56°12'W/25°52'S	T,B,E,F,Ma,S,Sd,T	Complexo anelar
26		57°08'W/25°36'S		
27	Cerro Santo Tomás	57°07'W/25°25'S	E,Sd,Mi	Stock/dique
28	Soto Cañete	57°04'W/25°36'S	E	Stock
29	Cerro Verá	57°08'W/25°35'S		Stock
30	Cerro Porteño	57°08'W/25°40'S	Mt,Tb,T	Plug/dique
31	Cerro Acahay	57°09'W/25°53'S	Ns,Sd	Complexo anelar
32	Cerro Arrua-í	57°21'W/25°30'S	Sd,Sh,F	Stock
33	Cerro Piedra	57°21'W/25°25'S	Sd,T	Stock/dique
34	Cerro Ybypyté	57°11'W/25°45'S	Og	Stock
35	Cerro Yarigua-á	57°07'W/25°46'S	F	Plug
36	Cerro Acahay	57°09'W/25°53'S	B,Te,E,Ns,Sd,F	Complexo anelar
37	Cerro Gimenez	57°01'W/25°51'S	T	Plug
38	Teniente Martinez	56°51'W/25°41'S	F	Dique
39	Cerro Fidel	56°52'W/25°41'S	T	Plus
40	Cerro Yaguarú	56°51'W/25°43'S	Te	Dique
41	Catalán	56°54'W/25°44'S	B,T,F	Dique/enxame

Tabela 5 (conclusão).

Ocorrência	Localização	Litologia	Forma	
42	Cerro Valle-í	56°51'2"W/5°44'S	F	Plug
43	Potrero Naranjatý	56°51'W/25°46'S	T,F,Tr	Dique/enxame
44	Arroyo Paso Villán	56°51'W/25°48'S	Te	Dique
45	Franco Ñu	56°53'W/25°48'S	T	Dique
46	Iriarte	56°52'W/25°49'S	T	Dique
47	Potrero Ybaté	56°56'W/25°47'S	Te,E,F	Lava/stock/dique
48	Cerro Medina	56°50'W/25°50'S	T	Plug
49	Potrero Arce	56°50'W/25°49'S	Te	Dique
50	Cerro San José	56°56'W/25°58'S	E	Stock
51	Cerro Chobí	56°18'W/25°47'S	Ns	Stock
52	Cerrito Caáda	56°46'W/25°47'S	Ma	Stock
53	Cerrito (C. L. Vera)	56°43'W/25°50'S	F	Plug
54	Cerro Itapé	56°34'W/25°51'S	B	Plug
55	Cerrito (Costa Jhú)	56°35'W/25°52'S	Tr	Plug
56	Cantera M.O.P.C.	56°16'W/25°45'S	L	Dique
57	Martinez Cué	56°49'W/25°50'S	Te	Dique
61	Estancia Las Rosas	56°49'W/25°50'S	Ta	Dique

Abreviações:

B, basalto; Br, brecha; Bs, basanita; C, carbonatito; E, essexito; F, fonolito; Fe, fenito; L, lamprófito; Mi, minette; Ma, malignito; Ms, microsienito; Mt, melatraquito; Nb, nefelina basalto; Ns, nefelina sienito; Og, olivina sienogabro; Pi, piroxenito; Pm, pórfiro micáceo; S, sienito; Sd, sienodiorito; Sh, shonkinito; T, traquito; Ta, traquiandesito; Tb, traquibasalto; Te, tefrito; To, toleito; Tr, teralito; Ul, ultramafito; Vs, vulcanosedimentar.

Como mencionado previamente, Almeida (1983) procurou reunir a grande variedade de rochas alcalinas, que se estende por domínios geotectônicos distintos em uma única província, a do Paraguai Oriental. Nesse trabalho, o autor enfatizou ainda a relação das manifestações alcalinas da região meridional da Plataforma Sul-Americana com a evolução da Bacia do Paraná, apontando para um condicionamento tectônico associado a feições de considerável extensão geográfica, como arcos, flexuras e zonas de falhas ou "rifts". Por outro lado, Druecker e Gay (1987) propuseram, a partir de dados magnéticos, a interpretação das condições litoestruturais de subsuperfície e, adicionalmente, elaboraram mapa magnético, em que os dois grandes alinhamentos estruturais de direção NW-NE, aos quais se associam diques e falhas, são demasiado evidentes.

A reunião dos dados resultantes de vários trabalhos (Thomas, 1976; Hales, 1981; DeGraff e Orué, 1984) permitiu a caracterização de três grandes traços estruturais de direção N-NW (Altos do Rio Apa e Assunção e Baixo de San Pedro, e mais ainda, a falha de Jejui-Aguaray Guazú, segundo o Proyecto PAR 83/005, 1986) e, de forma subordinada, de diversos altos com tendência N-NE (Altos de Ponta Porá, Capitán Bado, Ygatimí, Caaguazú e Guairá). Assim, amparados nessas evidências, Livieres e Quade (1987) redistribuíram as numerosas

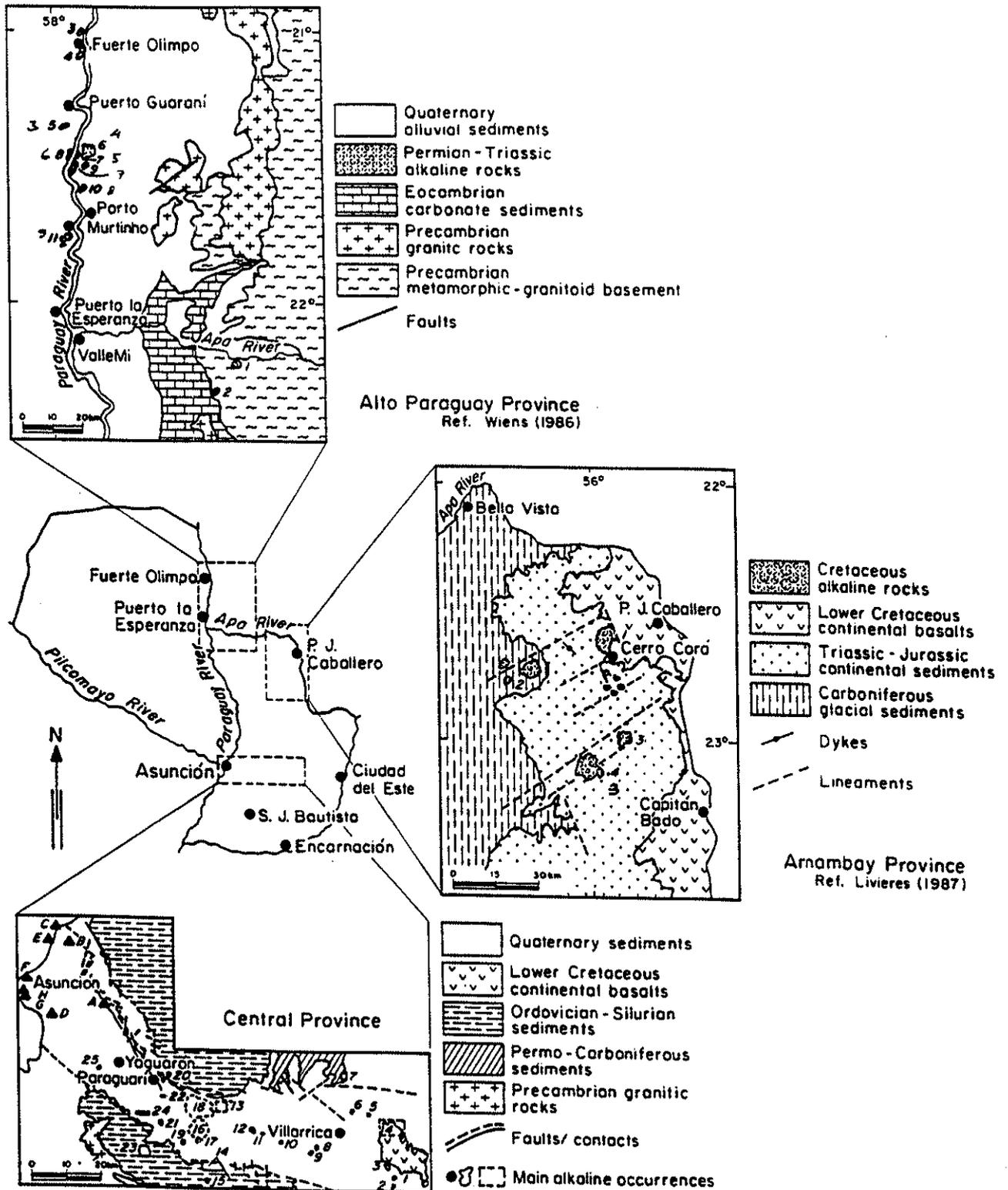


Figura 16 - Mapa de localização dos corpos alcalinos do Paraguai Oriental (extraído de Gomes et al., 1996).

ocorrências alcalinas paraguaias segundo três províncias (Alto Paraguai, Amambay e Central), todas elas relacionadas a importantes estruturas antiformais de direção NW-SE e NE-SW, com os maciços se colocando ao longo dos grandes traços estruturais (caso dos complexos dos Cerros Chiriguano, Guazú e Sarambí), ou ainda, no cruzamento de duas direções preferenciais.

4.4. Aspectos geocronológicos

A compilação feita para os dados geocronológicos disponíveis sobre as rochas alcalinas do Paraguai abrange os trabalhos publicados até 1994, e teve seu início com o artigo pioneiro de Comte e Hasui (1971). Neste, foram fornecidas idades K/Ar para as rochas Permo-Triássicas do complexo de Pão de Açúcar (Fecho dos Morros), às margens do rio Paraguai, e de um corpo nefelinítico nas vizinhanças de Assunção (46 ± 7 Ma); estas últimas ocorrências foram ainda datadas por Stormer et al. (1975), com valor (36 ± 11 Ma) não muito discrepante do anterior. A esses trabalhos seguiu-se o de Palmieri e Arribas (1975), focalizando o complexo de Sapucaí, e procurando integrar dados petrográficos, geoquímicos e geocronológicos obtidos para as rochas associadas; idades K/Ar compreendidas no intervalo de 116 e 126 Ma foram listadas por esses autores. A década dos 80 começou com a pesquisa de Eby e Mariano (1986), empregando os métodos K/Ar e traços de fissão, sobre os complexos carbonatíticos associados à Bacia do Paraná, seja em território paraguaio, seja brasileiro. Para o primeiro caso, todas as rochas investigadas pertencem à Província Amambay, na porção nordeste dos país. Logo depois veio o extenso trabalho de Bitschene (1987), trazendo informações petrográficas, geoquímicas e geocronológicas sobre rochas alcalinas, de idade cretácica, aflorando na área da Cordilheira de Ybytyruzú, na parte centro-oriental do país, bem como sobre os nefelinitos terciários de Assunção. Estes foram ainda investigados do ponto de vista isotópico por Comin-Chiaramonti et al. (1991b). Com base nesses trabalhos (Bitschene 1987; Comin-Chiaramonti et al., 1991b), concluiu-se que a atividade alcalina da área de Assunção teve lugar no intervalo de idade compreendido entre 61 e 39 Ma.

A década dos 90 teve como ponto alto a pesquisa de Velázquez (1992), como parte do seu programa de pós-graduação junto ao Instituto de Geociências da Universidade de São Paulo, abordando as rochas alcalinas da Província Central, na região centro-oriental do Paraguai. Ele conseguiu reunir dados isotópicos e geocronológicos sobre essas rochas, incluindo os valores recalculados por Sonoki e Garda (1988), com base nas constantes de decaimento recomendadas por Steiger e Jaeger (1978, apud Velázquez, 1992). A reunião dos novos dados, juntamente com os recalculados, possibilitaram a Velázquez (1992) e Velázquez et al. (1992) verificar que o intervalo das pulsações magmáticas teria se estendido de 138 a 98 Ma, ainda que o histograma de idades K/Ar demonstre caráter marcadamente unimodal, com

a classe principal cobrindo o intervalo 130-120 Ma. Além disso, o método Rb/Sr possibilitou a obtenção, para rochas de diferentes ocorrências da Província Central, uma isócrona de referência de $126,5 \pm 7,6$ Ma; adicionalmente, para amostras do corpo de Mbocayaty, uma isócrona interna de $127,8 \pm 7,2$ Ma. Posteriormente, Velázquez et al. (1993), investigando as rochas alcalinas da região do Alto Paraguai, que afloram principalmente ao longo das margens do rio Paraguai, seja em território paraguaio, seja brasileiro, confirmaram as informações existentes na literatura indicando para essas ocorrências uma idade Permo-Triássica. Os novos valores obtidos (intervalo 223-253, para uma idade preferencial de $253,2 \pm 9,2$ Ma) são em geral concordantes com os fornecidos por Amaral et al. (1967; 210-245 Ma) e Comte e Hasui (1971; 214 Ma).

A Tabela 6, extraída principalmente do trabalho de Velázquez (1992), reúne idades radiométricas e dados isotópicos de Sr para muitas das ocorrências listadas na Tabela 5.

4.5. Províncias alcalinas

4.5.1. Alto Paraguai

O exame das feições geológicas ao longo do rio Paraguai, na região setentrional do país, na divisa com o Estado do Mato Grosso do Sul, permite o reconhecimento de diversas ocorrências alcalinas junto e a pequenas distâncias das suas duas margens. Elas foram enquadradas por Gomes et al. (1993) e Velázquez et al. (1993) na chamada Província Alto Paraguai e são encontradas na forma de complexos anelares, "stocks" e diques nos domínios das planícies daquele rio, estando os seus contatos encobertos por sedimentos das Formações Santa Rosa e Aluviões Atuais. Conquanto a Província Alto Paraguai represente a principal área de concentração de corpos alcalinos, eles são também reconhecidos na região do rio Apa, como, por exemplo, nas proximidades de San Carlos e da cidade de Vallemí. Neste último local, as alcalinas ocorrem formando diques, sem expressão topográfica, encaixados em sedimentos clásticos e carbonáticos, respectivamente, das Formações Vallemí e Cambájhopo do Grupo Itapucumí. Dados preliminares indicam para essas rochas idade K/Ar de 147 Ma (F. Wiens, comunicação pessoal). Segundo V.F. Velázquez (em preparação), as ocorrências situadas na área de influência do rio Apa corresponderiam a um segundo agrupamento de alcalinas na região, condicionadas tectonicamente à estrutura anticlinal do Alto Apa, por ele denominado de Província Rio Apa.

A Província Alto Paraguai destaca-se em particular pelo elevado nível do seu conhecimento geocronológico, a sugerir uma atividade magmática que remonta a épocas geológicas mais antigas, mais especificamente posicionadas no período NeoPermiano a EoTriássico (223-253 Ma). Dados preliminares obtidos por Velázquez et al. (1993) para a ocorrência do Cerro Boggiani deram idades de $234,0 \pm 9,0$ Ma (método K/Ar, empregando-se

Tabela 6 - Relação de idades e razão inicial das unidades magmáticas associadas às Províncias de Alto Paraguai, Central e Amambay.

Ocorrência	Litologia	Material	K/Ar (Ma)	Rb/Sr (Ma)	Traços de fissão	$^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$	Ro	Ref.
<i>PROVÍNCIA ALTO PARAGUAI</i>								
Cerro Boggiani	F	An	234,0±9,0	223,7±3,9				9
Cerro Siete Cabezas	S	Bi	253,4±12,5					9
Cerrito (Puerto Coeyú)		Bi	253,2±9,2					9
<i>PROVÍNCIA AMABAY</i>								
Cerro Corá	Md	Rt	135±7					1
Cerro Corá	Md	Bi	143±8					1
Cerro Charará	D	Bi	129±4					1
Cerro Charará	D	Fa	149±8					3
Arroyo Blanco	Sh	Bi	117±4					3
Cerro Chiriguelo	C	Bi	128					4
Assunção 2	M	Rt	115±5					4
Assunção 2	M	Rt	126±5					4
Assunção 2	M	Rt	130±6					5
Cerro Sarambí	So	Ap				86±3		5
Cerro Sarambí	Px	Ap				111±2		5
Cerro Guazú	L	Bi,Ap	119±4			114±16		5
Cerro Apuá	T	Ap				115±3		5
Cerro Chiriguelo	C	Ap				119±14		5
Cerro Chiriguelo	Sc	Bi,Ap	130±5			126±13		5
Arroyo Gasory	T	Rt,Ap	137±7			135±2		5
Arroyo Gasory	T	Bi,Ti	145±8			145±13		5
<i>PROVÍNCIA CENTRAL</i>								
Ybyturuzú	Ns	Cpx	116,7±8,4					6
Ybyturuzú	Ma	Rt	155,8±4,2					6
Ybyturuzú	T	Bi	124,6±4,2					6
Ybyturuzú	T	Bi	125,9±4,6					6
Ybyturuzú	F	Bi	128,8±4,6					6
Ybyturuzú	Ma	Bi	131,9±5,0					6
Ybyturuzú	F	Cpx	165,6±6,0					6
Ybyturuzú	Tr	Rt				0,70737(±3)	0,70693	6
Ybyturuzú	F	Rt					0,70761	6
Ybyturuzú	T	Rt				0,270800(±3)	0,70734	6
Mbocayaty	E	Rt				0,70773(±2)	0,70717	6
Mbocayaty	E	Bi	128,2±4,5			0,70773(±2)	0,70717	6
Mbocayaty	Ma	Rt				0,70786(±19)	0,70736	7
Mbocayaty	Ma	Bi				0,70960(±19)	0,70748	7
Mbocayaty	Ma	Fa				0,70755(±39)	0,70739	7
Mbocayaty	Ma	Bi	129,2±6,8					7
Mbocayaty	Ma	Fa	130,0±3,4					7
Cerro Capiitindy	F	Rt				0,70775	0,70756	8
Aguapety Portón	E	Bi	132,9±5,5			0,70745(±2)	0,70718	6
Aguapety Portón	E	Cpx	123,7±5,2					6
Aguapety Portón	E	Rt	138,1±4,8					6
Aguapety Portón	E	Rt				0,70745(±2)	0,70718	6
Aguapety Portón	Ma	Rt				0,70758(±22)	0,70729	7
Aguapety Portón	Ma	Bi				0,71437(±43)	0,70689	7
Potrero Ybaté	Sd	Fa	127,8±5,6			0,70749(±19)	0,70724	7
Sapucaí	Ba	Rt	98±0,5					2
Sapucaí	E	Rt	100±10					2

Tabela 6 (conclusão).

Ocorrência	Litologia	Material	K/Ar (Ma)	Rb/Sr (Ma)	Traços de fissão	$^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$	Ro	Ref.
								7
Sapucai	F	Rt	119,0±4					8
Sapucai	Te	Rt	108,3±10,2					8
Sapucai	Bs	Rt	119,6±7,2					8
Sapucai	Sg	Rt	122,0±4					8
Sapucai	Ba	Rt	131,1±5,1					8
Sapucai	E	Rt	131,0±8,2					8
Sapucai	F	Rt	136,4±5,1			0,70712(±4)	0,70685	8
Sapucai	Tb	Rt				0,70756(±2)	0,70720	6
Cerro Santo Tomás	Mi	Rt				0,70806(±3)	0,70771	6
Cerro Santo Tomás	E	Rt						6
Cerro Santo Tomás	E	Bi	126,0±4,5					6
Cerro Santo Tomás	Mi	Bi	127,9±4,8					6
Cerro Santo Tomás	Mi	Bi	130,1±4,8					6
Cerro Santo Tomás	E	Rt	136,8±5,0					6
Cerro Santo Tomás	E	Cpx	183,5±8,5					6
Cerro Santo Tomás	Sd	Rt				0,70778(±19)	0,70751	7
Cerro Santo Tomás	Sd	Bi				0,71238(±31)	0,70790	7
Cerro Santo Tomás	Mi	Rt				0,70800(±4)	0,70763	8
Cerro Santo Tomás	E	Rt	136,5±0,2					8
Cerro Gimenez	T	Rt	66,0±4,6					7
Potrero Ybaté	Sd	Rt				0,70749(±19)	0,70724	7
Cerro San José	E	Rt				0,70720(±19)	0,70693	7
Cerro San José	E	Bi				0,71185(±19)	0,70741	7
Cerro San José	E	Rt				0,70720(±31)	0,70694	8
Cerro Arrua-I	Sd	Bi	132,3±8,4					7
Cerro Arrua-I	Sd	Rt				0,70710(±25)	0,70688	7
Cerro Arrua-I	Sd	Bi				0,70880(±22)	0,70606	7
Cerro Arrua-I	Sd	Rt				0,70712(±6)	0,70745	8
Cerro Medina	F	Rt				0,70622(±6)	0,70324	8
Cerro Acahay	Tb	Rt	118,0±4					8
Cerro Acahay	E	Ap			77,0±5,1			10
Cerro Acahay	Sg	Ap			88,0±5,1			10
Cerro Acahay	Ga	Ap			94,5±4,3			10
Cerro Acahay	Ge	Ap			91,4±5,3			10
Cerro Acahay	Sd	Ap			79,9±4,6			10
Cerro Acahay	Ta	Ap			87,3±8,1			10

Abreviações:

Ba, basalto alcalino; Bs, basanita; C, carbonatito; D, diorito; E, essexito; F, fonolito; Ga, gabro alcalino; Ge, gabro essexítico; L, lamprófito; M, monzomito; Ma, malignito; Md, microdiorito; Mi, minette; Px, piroxenito; Ns, nefelina sienito; S, sienito; Sc, sílico-carbonatito; Sd, sienodiorito; Sg, sienogabro; Sh, shonkinito; So, sovito; T, traquito; Ta, traquiandesito; Tb, traquibasalto; Te, teralito; An, anfibólio; Ap, apatita; B, biotita; Cpx, clinopiroxênio; Fa, feldspato alcalino; Ti, titanita; Rt, rocha total.

Referências:

1. Comte & Hasui (1971); 2. Palmieri & Arribas (1975); 3. Mariano (1978); 4. Pecten (1982b); 5. Eby & Mariano (1986); 6. Bitschene (1987); 7. Velázquez (1992); 8. Capaldi (apud Velázquez, 1992); 9. Velázquez et al. (1993); 10. Green et al. (1991a,b; apud Velázquez, 1992).

concentrado de anfibólio) e 223,7±3,9 Ma (método Rb/Sr). Para os corpos de Cerrito e Cerro Siete Cabezas os valores de idade K/Ar (biotita) fornecidos foram, respectivamente, de 253,2±9,2 e 253,4±12,5 Ma. Já a intrusão principal do Pão de Açúcar apresentou idade K/Ar de 248,3±5,3 (K/Ar, biotita), enquanto que a isócrona interna para o corpo da ilha Fecho dos

Morros indicou uma idade Rb/Sr (isócrona interna) de $225,8 \pm 5,9$ Ma (Tabela 6).

4.5.1.1. Características geoquímicas

Coube a Gomes et al. (1993) oferecer a primeira contribuição efetiva sobre o quimismo dos corpos alcalinos aflorando na região do Alto Paraguai, mais particularmente nas circunvizinhanças da cidade portuária de Porto Murtinho. Esses estudos se concentraram em amostras coletadas em ocorrências situadas às margens (direita, território paraguaio: Cerro Boggiani, Cerrito e Cerro Siete Cabezas; esquerda, território brasileiro: Pão de Açúcar e corpos associados e Pedreira) do rio Paraguai. As rochas investigadas estão reunidas em duas suítes distintas, insaturada e saturada a supersaturada. Evidências geológicas e petrográficas apontam para a existência de termos intrusivos e extrusivos, sendo os primeiros mais abundantes, e representados essencialmente por rochas de natureza sienítica (nefelina sienitos e sienitos); as variedades efusivas consistem em fonolitos, traquifonolitos e traquitos. A natureza alcalina dessas rochas acha-se bem evidenciada nos diagramas de variação química, refletindo, por exemplo, o caráter fortemente peralcalino, com grande enriquecimento em sódio, das rochas do Cerro Boggiani e de algumas amostras da intrusão principal do Pão de Açúcar. Ainda como resultado desse quimismo, essas rochas exibem características mineralógicas que permitem distinguir uma associação contendo feldspato alcalino, nefelina, sodalita, albita, piroxênio sódico (egirina-augita até egirina) e anfibólio sódico, este predominantemente uma riebeckita (cf. Gomes et al., 1993). Estes autores ressaltaram ainda o fato de que as rochas do Alto Paraguai apresentam similaridades químicas e petrográficas com as da Província Velasco, localizada em território boliviano.

Por outro lado, as ocorrências do rio Apa são mal conhecidas e não foram até agora alvo de investigações mais minuciosas. As informações disponíveis correspondem ainda às descrições feitas por Wiens (1986) para os lamprófiros da área de Vallemí, bem como para as rochas traquíticas e fonolíticas encontradas em Buena Vista e no Forte San Carlos. Segundo esse autor, os lamprófiros, ocorrendo na forma de pequenos diques, exibem cor escura e caráter porfírico, com fenocristais máficos imersos em massa fundamental, comumente afanítica criptocristalina. Ao microscópio, essas rochas são caracterizadas por mostrarem uma associação mineralógica reunindo fenocristais de diopsídio, biotita e olivina parcialmente alterada; acidentalmente, ocorre feldspato alcalino. Opacos e apatita são os acessórios mais comuns.

4.5.2. Amambay

As ocorrências alcalinas da parte nordeste do país encontram-se associadas ao alto estrutural de Ponta Porã e têm como principais representantes os complexos anelares dos Cerros Chiriguelo e Sarambí. Já a ocorrência vizinha de Cerro Guazú parece estar relacionada

à estrutura em anticlinal de Capitán Bado. Feições gerais indicam que os dois primeiros maciços estão colocados no eixo de dobramentos orientados segundo NE-SW, além de posicionados no cruzamento de direções estruturais regionais. Secundariamente, as alcalinas ocorrem como corpos satélites na forma de "plugs" e diques, estes por vezes apresentando disposição radial.

Estas ocorrências formam corpos de dimensões em torno de 5 a 10 km de diâmetro, que se sobressaem cerca de 100 a 200 m em relação aos arenitos vermelhos das Formações Aquidabán e Misiones, e derrames toleíticos da Formação Alto Paraná. Nas bordas dos complexos anelares, as relações de contato com as encaixantes do embasamento cristalino, mais particularmente os mica xistos, indicam a formação de uma auréola metassomática. Por outro lado, evidências de alteração intempérica são encontradas em algumas ocorrências, como, por exemplo, nos poços executados no Cerro Chiriguelo; já na intrusão vizinha do Cerro Sarambí, elas estão ausentes ou são de pouca expressão.

Os dados radiométricos disponíveis para as rochas desta província são escassos, impedindo, dessa maneira, uma correlação mais efetiva dos resultados obtidos pelas diferentes metodologias. As rochas analisadas pelo método K/Ar, cujos dados analíticos constam da Tabela 6, forneceram idades distribuídas num amplo intervalo de tempo (150 a 117 Ma, com valor médio 131 Ma), a evidenciar estreita correspondência com os valores citados na literatura para a Província Central (em torno de 130 Ma).

As idades obtidas a partir de traços de fissão em apatita mostram igualmente grande dispersão, tendo como valores extremos 145 e 86 Ma (Tabela 6), e como médio 119 Ma (Eby e Mariano, 1986). Em linhas gerais, esses valores guardam razoável concordância com os fornecidos pelo método K/Ar, exceção feita às idades menores determinadas para as intrusões carbonatíticas; no caso particular do Cerro Sarambí, esses corpos são claramente de colocação posterior dentro do conjunto de rochas que compõem esse complexo.

4.5.2.1. Petrografia

Ainda que as pesquisas realizadas sobre as alcalinas do planalto Amambay deixem a desejar quanto ao nível de detalhamento, as informações presentemente disponíveis estão a indicar para essa área de ocorrência uma predominância de maciços alcalinos associados a carbonatitos. Por outro lado, há que se reconhecer também que o conhecimento geológico da região está intimamente ligado ao programa de trabalho ali desenvolvido pela Anchutz com vistas à definição da potencialidade econômica dessas ocorrências. Dentro desse quadro cabe registro ao trabalho realizado por Mariano (1978), que se constitui em contribuição das mais valiosas para o propósito acima. Coube a Livieres (1987) a realização de estudos mais detalhados de caráter petrográfico e geoquímico para o complexo do Cerro Chiriguelo, de

forma a ter-se uma idéia geral sobre a sua variação composicional, a fim de permitir uma melhor correlação com as ocorrências da área, mais particularmente com a vizinha do Cerro Sarambí, onde foi registrada a presença de rochas de natureza básica, sugestiva da colocação de magmas de maior profundidade. Com o propósito de facilitar o trabalho de descrição e caracterização mineralógico-petrográfica dos litotipos reconhecidos nas diversas ocorrências de alcalinas da região de Amambay, procurou-se tratá-los em dois grupos, intrusivo e extrusivo.

Suíte intrusiva

I. Piroxenitos

Estas rochas são pouco abundantes, restringindo-se principalmente ao complexo do Cerro Sarambí, onde aparecem associadas às encaixantes regionais de natureza xistosa. Em geral mostram-se mal preservadas, além de apresentando transformações mineralógicas do tipo glimmerítico; a textura é fanerítica de granulação fina a média, e a cor variável de preta a verde escuro. Em todas as amostras nota-se visível predomínio de clinopiroxênios e biotita como minerais máficos, com o conteúdo deste último mostrando grande variação. Assim, no caso dos piroxenitos da região de contato com as metamórficas regionais, a concentração de biotita pode chegar até 90% da moda, formando, dessa forma, verdadeiros glimmeritos.

Ao microscópio, os piroxenitos contêm como principal constituinte um clinopiroxênio do tipo augítico, sendo os cristais idiomórficos (hábito prismático) a subidiomórficos e de dimensões milimétricas. A cor é verde oliva e o pleocroísmo pouco intenso, em geral de tonalidade verde-amarelada. Biotita é a fase acidental mais importante, enquanto que apatita e opacos aparecem na condição de acessórios.

II. Sienitos

Estas rochas ocorrem como "stocks" nos complexos dos Cerros Chiriguelo e Sarambí, formando corpos anelares ao redor das intrusões centrais, respectivamente, piroxenítica e carbonatítica. Em amostras de mão os sienitos possuem cor cinzenta, aspecto maciço e textura tipicamente fanerítica, por vezes porfírica, com a granulação variando de fina a grossa de uma ocorrência para outra. Do ponto de vista mineralógico, apresentam notáveis heterogeneidades, sobretudo no tocante à relação félsicos/máficos. As fases félsicas estão representadas principalmente por feldspato alcalino e feldspatóides (nefelina); já as máficas têm clinopiroxênio como mineral dominante. Em algumas amostras os constituintes, notadamente o feldspato, se mostram isorientados, com o arranjo resultante assemelhando-se ao da textura traquítica.

Microscopicamente, os sienitos são caracterizados por uma associação reunindo feldspato alcalino e clinopiroxênios como minerais mais abundantes e, em menor quantidade,

biotita e opacos (magnetita).

O feldspato alcalino é do tipo sanidina, e quase sempre subidiomórfico a idiomórfico na matriz, ou então aparece na forma de cristais bem desenvolvidos de hábito tabular alongado, com dimensões submilimétricas a centimétricas, quando na condição de fenocristais. Em geral, eles estão geminados segundo a lei de Carlsbad, além de se mostrarem raramente zonados. Muito freqüentemente contêm inclusões de apatita, opacos, micrólitos de piroxênio e titanita. Os clinopiroxênios são os representantes máficos mais importantes, exibindo grande variação quanto à forma e tamanho. Em geral, ocorrem na forma de fenocristais subidiomórficos, com contorno tabular parcialmente desenvolvido e, mais comumente, como grãos xenomórficos disseminados intersticialmente. Na condição de constituintes menores estão presentes melanita, apatita, titanita, zircão, sericita, clorita e carbonatos.

III. Carbonatitos

A caracterização das rochas carbonatíticas da área é feita segundo Livieres (1987), que se valeu de trabalhos diversos no tocante a questões de nomenclatura e classificação.

Sovitos - Estas rochas são encontradas na forma de "stock" na porção central do complexo de Cerro Chiriguelo, além de pequenos corpos periféricos junto ao de Cerro Sarambí. Elas exibem aspecto maciço e grande variação na granulação, com os cristais chegando a atingir dimensões centimétricas; nas amostras de granulação mais grossa, a textura passa de equigranular a invariavelmente porfirítica. A coloração é cinza claro a marrom, e a mineralogia marcada pela dominância absoluta de calcita, com biotita (flogopita) ocorrendo em quantidade variável. Os cristais de calcita são subidiomórficos a xenomórficos, e portadores de geminação polissintética com lamelas simples ou combinadas; eles têm como principais inclusões apatita, mica e, mais raramente, opacos. A fase micácea ocorre na forma de lamelas alongadas, em geral disseminadas entre os grãos de calcita, exibindo coloração amarronzada e forte pleocroísmo. Duas gerações foram reconhecidas, sendo a primeira representada por grãos subidiomórficos com pleocroísmo marrom-amarelado, cuja concentração na rocha varia entre 10 a 30%. Já na segunda, o mineral é xenomórfico, comumente associado a opacos (magnetita), e mostra pleocroísmo marrom-avermelhado; o seu teor na rocha é consideravelmente maior, por vezes superior a 70% (sovito glimmerítico ou glimmerito sovítico?). Como constituintes menores dos sovitos foram identificados apatita, egirina, opacos (magnetita, hematita, pirita), feldspato alcalino, barita e, ocasionalmente, uranopirocloro, sinkisita, estroncianita e zircão.

Suíte extrusiva

I. Traquitos

Os traquitos são rochas comuns na região do Amambay, estando presentes na forma de

diques de dimensões variadas, que cortam as encaixantes arenosas e demais tipos de alcalinas. Aparecem ainda como "plugs", formando pequenos cerros de elevação não superior a 100 m (Cerros Apuá, Perú, Yrybú e Arroyo Gasory).

Macroscopicamente, essas rochas apresentam coloração cinzenta, granulação fina e aspecto maciço; a textura é tipicamente porfírica e a matriz afanítica. Os fenocristais são idiomórficos, de hábito tabular, dimensões milimétricas, além de isorientados. Ao microscópio, o caráter porfírico e a textura traquítica se fazem mais evidentes, sendo em geral os fenocristais de natureza feldspática; por vezes, reconhece-se também a presença de finas lamelas de biotita. Feldspatos constituem a fase mineralógica mais importante destas rochas, aparecendo como cristais límpidos, comumente geminados segundo a lei de Carlsbad.

A presença de máficos é pequena, sendo estes representados por uma biotita com pleocroísmo marrom-amarelado, com os cristais em geral corroídos e circundados por uma coroa de reação rica em magnetita. Este mineral ocorre também de forma isolada, seja como membro da matriz ou ainda na condição de fenocristal. Em adição, estão presentes na matriz egirina-augita, onde aparece preenchendo cavidades entre os grãos de feldspato, titanita e analcita. Excepcionalmente, como no corpo satélite de Cerro Perú, o conteúdo de máficos (clinopiroxênios) se mostra mais alto, com a rocha adquirindo então coloração escura.

4.5.3. Central

Esta está associada ao anticlinal de Assunção, de direção NW-SE, e ocupa a porção centro-sul da chamada região oriental do Paraguai (Fig.16). Numerosas ocorrências alcalinas encontram-se relacionadas a essa mega-estrutura, a indicar a existência de processos de extensão crustal, como testemunhado pelo "Rift de Assunção". Os grandes traços desta feição e a intensa atividade magmática a ela associada têm sido objeto de discussões em diversos trabalhos (por exemplo, Bitschene, 1987). As evidências colhidas apontam a porção central do "rift", que se estende de Paraguari até as cercanias da Cordilleira de Ybytyruzú, como a área reunindo os exemplos mais expressivos de manifestação alcalina, como ilustrado pelo maciço de Acahay, complexo de Sapucaí e a extraordinária concentração de diques na planície de Caañabe.

As rochas que constituem a *Suíte intrusiva* acham-se encaixadas em arenitos pertencentes a uma seqüência clástica Ordoviciano a Siluriano dos Grupos Caacupé e Itacurubí e, secundariamente, em sedimentos Permocarboníferos dos Grupos Coronel Oviedo e Independencia. Por sua vez, a *Suíte extrusiva* apresenta-se parcialmente capeada, por discordância erosiva e litológica, pelos sedimentos quaternários (Pós-rift) da Formação Santa Rosa. As primeiras são encontradas na área formando principalmente "stocks", enquanto que as segundas mostram maior diversificação, ocorrendo como lavas, domos, "plugs" e diques.

Os dados geocronológicos existentes na literatura para as rochas da Província Central estão reunidos na Tabela 6 e permitem verificar, excluídas as datações duvidosas, feitas sobretudo em concentrados de clinopiroxênio, que a principal fase da atividade magmática se desenvolveu num amplo intervalo de tempo, 138 a 98 Ma (Velázquez, 1992; Velázquez et al., 1992). Uma vez colocados em histograma, observa-se, no entanto, um caráter marcadamente unimodal, com a classe dominante correspondendo ao intervalo de 130-120 Ma. Ainda segundo esses autores, a região teria sido afetada por uma nova fase de atividade alcalina, como indicado pela idade de 66 Ma obtida para os fonolitos peralcalinos do Cerro Medina. Como mencionado previamente (item 4.4., Aspectos geocronológicos), determinações de idade Rb/Sr feitas por V.F. Velázquez, e publicadas em Velázquez (1992) e Velázquez et al. (1992), possibilitaram a obtenção de uma isócrona interna para o "stock" de Mbocayaty de $127,8 \pm 7,2$ Ma; adicionalmente, de uma isócrona de referência de $126,5 \pm 7,6$ Ma reunindo rochas de diversos corpos da área. Dessa forma, os dados de idade K/Ar e Rb/Sr são, no entendimento daqueles autores, convergentes quanto à definição de uma idade em torno de 130 Ma para a atividade principal do magmatismo alcalino associado ao regime tensional do "Rift de Assunção". Da Tabela 6, constam também os valores para a razão inicial $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ (R_0) obtidos por Bitschene (1987) e Velázquez (1992) para rochas de diferentes ocorrências. No tocante às isócronas acima, as razões determinadas por este último autor foram, respectivamente, de $0,70735 \pm 7$ e $0,70721 \pm 9$. Ainda segundo Velázquez (1992), os valores isotópicos de R_0 , normalizados para 120 Ma, situam-se entre 0,70685 e 0,70790, muito embora os fonolitos peralcalinos do Cerro Medina apresentem uma razão muito baixa, de 0,70324, que se mostra consistente com as rochas alcalinas terciárias do extremo NW do "rift" (Bitschene, 1987; Comin-Chiaramonti, 1991b).

Quanto às idades de traços de fissão em apatitas (cf. Green et al., 1991a,b), os valores constantes da tabela, e compreendidos no intervalo de $77,9 \pm 10,3$ a $94,5 \pm 4,3$ Ma, são interpretados como representando a idade de resfriamento dos corpos alcalinos.

As evidências geoquímicas disponíveis para as rochas alcalinas associadas ao "Rift de Assunção", aqui incluídas as Províncias Central e Assunção, são indicativas de uma formação a partir de uma fonte de origem mantélica de natureza granada peridotito, enriquecida em elementos incompatíveis, e submetida a diferentes graus de fusão parcial. Processos de contaminação crustal parecem ter exercido papel de menor importância, restringindo-se, eventualmente, a efeitos de caráter mais localizado.

4.5.3.1. Petrografia

Dados recentes sobre as rochas da Província Central (Gomes et al. 1989; Comin-Chiaramonti et al., 1990a,b; 1991a,c,d; 1992b; Velázquez, 1992) possibilitaram agrupá-las em

duas grandes séries, intrusiva e extrusiva.

Suíte intrusiva

I. Gabros

As rochas de afinidade gábrica possuem textura em geral granular hipidiomórfica, por vezes com ligeira tendência para porfirítica. Do ponto de vista mineralógico, são constituídas por plagioclásio (labradorita-oligoclásio) e clinopiroxênios de natureza salítica, alterados nas bordas para anfibólio e/ou biotita, e contendo inclusões aciculares de rutilo; subordinadamente, ocorrem nefelina, biotita, anfibólio, feldspato alcalino (sanidina a anortoclásio), ocupando os interstícios dos cristais de plagioclásio, e olivina. Como acessórios reconhecem-se opacos, apatita, titanita e zircão.

II. Essexitos

Os essexitos possuem textura fanerítica, granulação média a grossa, e ocasionalmente se mostram porfiríticos. A mineralogia consiste essencialmente em clinopiroxênios do tipo augita a diopsídio-augita, plagioclásio de natureza cálcica (labradorita-bytownita), feldspato alcalino, nefelina (grãos isolados, xenomórficos) e biotita (duas gerações foram reconhecidas, com os cristais variando de subidiomórficos a xenomórficos); olivina, parcialmente serpentinizada, está presente em pequena proporção. Anfibólio ocorre acidentalmente, enquanto que opacos e apatita constituem os acessórios mais comuns.

III. Sienodioritos

Os sienodioritos são de cor cinzenta, aspecto maciço e composição homogênea. Ao microscópio, reconhece-se uma mineralogia composta basicamente de clinopiroxênios e feldspatos, com biotita aparecendo de forma subordinada. Os clinopiroxênios são subidiomórficos a xenomórficos, cor verde, pleocroísmo verde-amarelado, e contêm diversos minerais como inclusões: biotita, plagioclásios, apatita, opacos e zircão. Os feldspatos acham-se representados por um plagioclásio sódico-cálcico, ocorrendo como grãos subidiomórficos a xenomórficos e geminados em geral segundo a lei da albita ou por vezes albita+periclínio, e, em menor proporção, por feldspato alcalino na forma de grânulos isolados. O plagioclásio tem como principais inclusões apatita, opacos e, mais raramente, finas lamelas de biotita.

IV. Malignitos

Os malignitos são de cor branca-acinzentada a cinza escuro, aspecto maciço, textura fanerítica e granulação média a grossa. As fases máficas predominam nitidamente sobre as máficas. Ao microscópio, os clinopiroxênios apresentam cor amarelada a esverdeada, sendo as partes centrais em geral mais claras; zoneamento do tipo oscilatório e geminação polissintética estão presentes. Esses minerais acham-se representados por uma soda-augita passando a egrina-augita. As fases félsicas, comumente xenomórficas, consistem em

feldspato alcalino (ortoclásio), com os cristais chegando a alcançar tamanho de até 6 mm, e nefelina. Acidentalmente, outros minerais como biotita e olivina, esta em geral alterada para serpentina, podem ocorrer; os acessórios mais comuns incluem apatita, titanita, opacos e zircão.

V. Nefelina sienitos

São rochas de coloração branca-acinzentada a cinza escuro e granulação média, com os megacristais variando em dimensão de 5,0 mm a 1,0 cm. A mineralogia é marcada pela predominância de feldspato alcalino (ortoclásio), que se apresenta zonado e portador de inclusões diversas (apatita, opacos e titanita), clinopiroxênios da série egirina-augita, de coloração amarelo-esverdeada a verde, e nefelina; muito comumente, esta apresenta intercrescimento simpletítico com o feldspato alcalino. Biotita aparece acidentalmente, enquanto que olivina é rara. Como componentes menores estão presentes apatita, titanita e opacos.

Suíte extrusiva

I. Basaltos alcalinos

Os basaltos possuem textura variável de microporfirítica (lavas) a porfirítica (diques), natureza holocristalina, com micro- e fenocristais de olivina, clinopiroxênios e plagioclásio imersos em matriz afanítica da mesma composição mineralógica. Os clinopiroxênios são de natureza augítica, enquanto que o plagioclásio é cálcico (labradorita-bytownita), além de geminado e zonado. Em adição, foram identificados nefelina, de ocorrência intersticial, opacos, apatita e titanita; como produtos secundários aparecem serpentina e carbonatos.

II. Tefritos

Os tefritos exibem cor cinza escuro a vermelho-amarelada, quando alterados, aspecto maciço e textura porfirítica. Os fenocristais, em geral muito abundantes, são de tamanho variado (1,0 a 5,0 mm) e se apresentam dispersos em matriz afanítica. Em lâmina, reconhecem-se fenocristais de clinopiroxênio do tipo augítico e plagioclásio de natureza cálcica (bytownita-labradorita); menos comumente, eles são de biotita e nefelina. A matriz reúne grãos xenomórficos de clinopiroxênio, lamelas de plagioclásio e grânulos intersticiais de nefelina. Como fases menores estão presentes apatita, opacos disseminados, além de zircão na forma de inclusões e como grãos isolados.

III. Traquiandesitos

São rochas de coloração cinza escuro a vermelho-amarelada, quando alteradas, maciças e de granulação fina. Ao microscópio, mostram textura porfirítica, em que se identificam fenocristais de piroxênio de composição titano-augítica e cor marrom-arroxeadada, plagioclásio cálcico (labradorita-andesina), feldspato alcalino e, mais raramente, anfibólio e biotita; a matriz

é essencialmente feldspática. O plagioclásio ocorre na forma de pequenas lamelas, em geral geminadas segundo a lei de Carlsbad, enquanto que os cristais de feldspato alcalino exibem geminação polissintética e orientação incipiente. Biotita é o principal mineral accidental dessas rochas, enquanto que apatita, titanita e opacos estão presentes na condição de acessórios.

IV. Traquifonolitos

Os traquifonolitos possuem cor cinza escuro, aspecto maciço e textura porfirítica, em que é possível reconhecer-se a presença de cristais maiores de feldspato, feldspatóide, clinopiroxênio e/ou biotita imersos em matriz afanítica. Ao microscópio, verifica-se maior abundância de minerais félsicos, seja na condição de fenocristais, quando perfazem de 40 a 50% da moda, seja como parte integrante da matriz. Feldspato alcalino aparece na forma de cristais geminados segundo Carlsbad, com zoneamento do tipo "patchy", e contendo abundantes inclusões de clinopiroxênio, opacos e apatita. Os clinopiroxênios consistem em cristais subidiomórficos a xenomórficos de egrina-augita, exibindo, respectivamente, zoneamento setorial e oscilatório. Como fenocristais, a fase feldspatóidica acha-se representada por uma leucita idiomórfica, com dimensões variáveis de 0,4 a 2,0 mm; já na matriz, ela corresponde a uma nefelina, presente como grãos xenomórficos. A biotita ocorre como fenocristais, apresentando por vezes bordas de reação, com a subsequente formação de opacos. As fases acessórias incluem apatita, opacos e zircão.

V. Traquitos

São rochas maciças, afaníticas, de coloração cinzenta e textura porfirítica, com os fenocristais atingindo dimensões superiores a 4,0 mm. O Cerro Capiitindy apresenta xenólitos ultramáficos de tamanho médio > 2 cm. Do ponto de vista mineralógico, elas são constituídas essencialmente por feldspato alcalino, que aparece na forma de cristais tabulares, isorientados, exibindo padrão complexo de zoneamento (normal, oscilatório e "patchy"); em geral ele contém inclusões de apatita e clinopiroxênio. A principal fase máfica destas rochas consiste em clinopiroxênios do tipo egrina-augita, que ocorrem seja como fenocristais, seja dispersos na matriz, na forma de micrólitos com tamanho variável entre 0,2 e 0,7 mm. A exemplo do feldspato alcalino, esses minerais também mostram zoneamento (tipos oscilatório e setorial) e presença de inclusões (apatita e opacos). Ao lado das fases descritas, aparecem ainda anfibólios (hornblenda), como fenocristais e, em alguns casos, como xenocristais; o mineral apresenta típica textura em coroa, envolvendo opacos, clinopiroxênios, apatita e por vezes plagioclásio. Adicionalmente, estão presentes biotita, formando pequenas lamelas, e feldspatóides, nefelina e sodalita; esta última é de ocorrência intersticial, preenchendo cavidades entre os grãos de feldspato alcalino e/ou piroxênio. Como acessórios foram identificados opacos (magnetita), apatita e titanita.

VI. Fonolitos

Estas rochas possuem cor verde escuro, granulação fina, aspecto maciço e textura porfirítica, em que se destacam macroscopicamente fenocristais de feldspato alcalino e/ou feldspatóides e, menos comumente, de piroxênios e biotita. Em lâmina, observa-se que os fenocristais consistem predominantemente de feldspato e piroxênio. O feldspato alcalino é do tipo sanidina e se apresenta como cristais tabulares, com dimensões de até 5,0 mm, geminados segundo a lei de Carlsbad, raramente zonados, além de portadores de inclusões de piroxênio, opacos, apatita e titanita. Os clinopiroxênios são de natureza egirínica e, na condição de fenocristal, formam pequenos cristais com tamanho médio ao redor de 2,0 mm; quando integrando a matriz, eles se mostram aciculares. Outros minerais presentes na matriz incluem feldspatóides (nefelina xenomórfica) e biotita, além dos acessórios apatita, titanita e opacos.

4.5.4. Misiones

Esta nova área de ocorrência de alcalinas, localizada nas adjacências das cidades de San Ignacio e San Juan Bautista, na porção meridional do Paraguai, foi objeto de citação geral por DeGraff e Orué (1984) e, mais recentemente, teve os seus principais tipos litológicos (nefelinitos e fonolitos peralcalinos) descritos por Comin-Chiaramonti et al. (1992c). Segundo os primeiros autores, nessa região deu-se o desenvolvimento de estruturas paralelas, limitadas, ao norte, pela localidade de San Juan Bautista e, ao sul, pela cidade de Encarnación, e passando pela zona de San Ignacio e Santa Rosa das Misiones. Com base em dados gravimétricos regionais, eles caracterizaram uma mega-estrutura orientada segundo NW-SE, com rejeito de aproximadamente 2.000 m e mergulho para SW, relativamente ao bloco situado a noroeste; adicionalmente, procuraram comparar a atividade magmática relacionada a essa estrutura com a da Província Assunção, de idade Terciária. Concluíram que as características geológicas e petrográficas dessas alcalinas, aliadas à sua distribuição geográfica, permitem associá-las a um ambiente tectônico de caráter distensivo ocorrido no NeoMesozóico, que criou condições para o desenvolvimento de uma bacia sedimentar NeoTriássica. Essa nova ocorrência, de idade Cretácea, a julgar pelos dados geocronológicos preliminares até agora existentes, foi enquadrada por Velázquez (em preparação) na Província Misiones.

As alcalinas dessa província apresentam área de exposição reduzida, limitada nas suas porções meridional e ocidental, respectivamente, aos arenitos da Formação Misiones e ao sistema de falhas paralelas orientadas segundo NW-SE, denominado de gráben Santa Rosa (DeGraff e Orué, 1984). Aí, elas afloram na forma de "plugs", que se destacam topograficamente na superfície aplainada da Formação Misiones, dando origem a pequenos morros isolados, como o da Fazenda Guavira-y. São também encontradas na estrada para a

Fazenda Ramirez, nos leitos de córregos, formando diques de direção NE encaixados nos arenitos daquela formação. Ainda como "plug", essas rochas ocorrem associadas a sedimentos cenozóicos, com a exposição mais expressiva correspondendo ao Cerro Caá Jhovy, de 50 m de altura, e que pode ser alcançado por meio da estrada ligando San Juan Bautista ao entrocamento da rodovia San Ignacio-Pilar.

Dados isotópicos sobre as alcalinas da Província Misiones (cf. Comin-Chiaramonti et al. (1992c) indicaram para as rochas da Estancia Guavira-y idade K/Ar de 91,3-92,1 Ma e razão inicial $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ (R_0) de 0,70444-0,70446. Por outro lado, para as outras duas ocorrências, Estancia Ramirez e Cerro Caá Jhovy, os valores obtidos foram, respectivamente, de 137,0 Ma e 0,70521 e de 145,7 Ma e 0,70536. Uma idade K/Ar de 112 ± 6 foi também noticiada por DeGraff e Orué (1984) para o traquito do Cerro Caá Jhovy.

4.5.4.1. Petrografia

As ocorrências da Província Misiones são no todo pouco conhecidas, com as informações presentemente disponíveis devidas a Comin-Chiaramonti et al. (1992c), que forneceram uma primeira descrição das rochas dessa área, acompanhada de dados sobre a química global e mineral.

Estancia Guavira-y

Os nefelinitos são rochas de cor escura, granulação fina e textura porfírica, com fenocristais de piroxênio e olivina dispersos numa matriz hipocristalina trazendo vidro, feldspatóides, piroxênios, olivina e opacos. Os piroxênios estão representados pelas variedades clino e orto, exibindo dimensões de poucos milímetros a vários centímetros, e associadas a xenólitos de natureza mantélica. Estes correspondem a dunitos portadores de cromo espinélio intersticial, juntamente com infiltrações de "patches" de vidro contendo micrólitos de clinopiroxênio e olivina.

Estancia Ramirez

Trata-se de nefelinitos de coloração escura, granulação fina e textura porfírica, em que os fenocristais estão representados principalmente por piroxênio, olivina e opacos (Ti-magnetita). Eles encontram-se imersos em massa fundamental afanítica composta de micrólitos de feldspatóide, vidro, olivina e opacos.

Cerro Caá Jhovy

Este é constituído por fonolitos peralcalinos de afinidade potássica, cor escura, granulação fina e textura porfírica, em que se sobressaem fenocristais de feldspato alcalino e opacos dispersos numa matriz de clinopiroxênio, vidro e micrólitos de feldspatóide.

4.5.5. Assunção

A existência de rochas alcalinas nas circunvinhanças da cidade de Assunção já é

conhecida na literatura de longa data, ainda que os trabalhos mais minuciosos focalizando os seus diversos aspectos, notadamente os geoquímicos, sejam mais recentes. Dentre as pesquisas que mais contribuíram para o melhor conhecimento dessas rochas citam-se as de Stormer et al. (1975), Bitschene et al. (1985), Bitschene (1987) e Comin-Chiaramonti et al. (1986, 1991b), trazendo informações sobre o modo de ocorrência dos principais tipos litológicos, descrições petrográficas e características geoquímicas. Essas rochas, de idade Terciária (Paleoceno a Eoceno) e natureza marcadamente nefelinítica, foram reunidas na Província Assunção. É de se ressaltar a sua grande concentração de xenólitos, que chegam a atingir diâmetro da ordem de 50 cm, e que foram objeto de estudos específicos por Comin-Chiaramonti et al. (1986, 1991b).

As rochas alcalinas são encontradas predominantemente na forma de "plugs" e diques, estando os seus afloramentos mais importantes localizados às margens do rio Paraguai, nas adjacências da cidade de Assunção e municípios próximos. Excluídas as ocorrências de Ñemby e Lambaré, as demais são de pequena expressão topográfica, consistindo em uma série de pequenos morros, como os representados pelos "plugs" de Cerro Confuso, Cerro Patiño, Cerro Verde, Villa Hayes, Jardim Botânico, Nueva Tablada, San Jorge, Tacumbú e Benjamin Acebal, no Chaco Paraguai. Neste último local, elas acham-se sobrepostas aos Sedimentos Sin-rift (De Salvo, comunicação pessoal), na forma de derrames ou mesmo de diques sem qualquer relevo. De maneira geral, estão circundadas pelos Sedimentos Sin-rift e Detríticos, além dos sedimentos da Formação Santa Rosa e Aluviões Atuais.

Outros afloramentos não descritos na literatura geológica correspondem a pequenas ocorrências situadas na borda oriental do "Rift de Assunção", mais especificamente junto às localidades de Limpio, Piquete-Cué e Surubi-y, onde essas rochas afloram na forma de diques, "sills" e derrames.

Em geral, as alcalinas acham-se relacionadas aos Sedimentos Sin-rift, de cor avermelhada e localmente silicificados, cujas litologias variam de arenitos até conglomerados e fanglomerados. Nas imediações do rio Paraguai, as suas relações de contato não puderam ser precisadas, face à existência de cobertura sedimentar devida à Formação Santa Rosa e aos Aluviões Atuais.

Quimicamente, as rochas aqui tratadas são ultra-alcalinas e de afinidade sódica. Elas apresentam idades radiométricas (K/Ar) que permitem situá-las no intervalo 61-39 Ma (cf. Bitschene, 1987; Comin-Chiaramonti et al., 1991b). Por outro lado, a razão inicial $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ é muito mais baixa que a das demais alcalinas da região do "rift", com valores de R_0 entre 0,70362 e 0,70392 (Bitschene, 1987; Comin-Chiaramonti et al., 1991b). A gênese das rochas nefeliníticas de Assunção foi também discutida por esses autores, sendo que no trabalho de

Comin-Chiaramonti et al. (1991b) é proposta a sua formação a partir de fonte mantélica de natureza granada peridotito submetida a baixo grau de fusão parcial (3-4%), além de fortemente enriquecida em elementos incompatíveis (Nb, Ba, La, Ce, Sr e P). Adicionalmente, foi sugerido que esse processo de enriquecimento deveu-se a fenômenos metassomáticos, por sua vez associados à anomalia termal responsável pela geração das rochas basálticas da Bacia do Paraná.

4.5.5.1. Petrografia

Segundo Stormer et al. (1975), as rochas vulcânicas que afloram na cidade de Assunção consistem essencialmente em basanitos portadores de nódulos de espinélio lherzolito. Já os trabalhos de Bitschene et al. (1985) e Bitschene (1987) procuraram chamar a atenção para a grande diversidade petrográfica da Província Assunção, onde é possível reconhecer-se tipos passando de nefelinitos olivínicos, basanitos nefeliniticos a fonolitos. Mais recentemente, Comin-Chiaramonti et al. (1991b) definiram os vários corpos da área, presentes sobretudo na forma de "plugs" e diques, como compostos de rochas ultrabásicas alcalinas, de natureza sódica, e apresentando características texturais e mineralógicas comuns a nefelinitos. Ainda que de forma subordinada, eles verificaram que essas rochas possuem também composição ankaratrítica.

Macroscopicamente, elas exibem coloração escura, granulação fina, e são portadoras de nódulos centimétricos de cor esverdeada. Por vezes, contêm também xenocristais de minerais (olivina, piroxênios e, ocasionalmente, feldspatos), além de fragmentos centimétricos de rochas sedimentares, metamórficas e ígneas. Ao microscópio, apresentam granulação fina e textura porfirítica, em que é possível identificar-se fenocristais de olivina e, em menor concentração, de piroxênio e opacos (magnetita) imersos numa matriz afanítica reunindo esses minerais, ao lado de feldspatóides (nefelina), espinélio, vidro intersticial e às vezes micrólitos de plagioclásio. Olivina mostra evidências nítidas de deformação autoclástica, enquanto que os piroxênios são fortemente zonados e, adicionalmente, exibem coroa de reação. Como componentes menores estão presentes biotita, apatita e carbonatos.

Os nódulos de natureza mantélica, alcançando dimensões centimétricas (5-7 cm), foram investigados em detalhe por Comin-Chiaramonti et al. (1986, 1991b), que os descreveram como sendo de composição variável entre lherzolitos e dunitos. Ao microscópio, eles apresentam textura xenomórfica granular e são constituídos por cristais de olivina com deformação lamelar e extinção ondulante. Os piroxênios (orto e clino) são equigranulares e contêm lamelas de exsolução; espinélio é o acessório principal.

CAPÍTULO 5

CONSIDERAÇÕES GERAIS SOBRE A GEOLOGIA DO PARAGUAI ORIENTAL

A geologia desta região do país guarda identificação com o Cráton Amazônico, na sua margem oriental com o cinturão de dobramentos Paraguai-Araguaia, principalmente com o flanco ocidental da Bacia do Paraná e, por extensão, com a geologia do continente africano. Uma visão integrada da evolução geológica dessa região não pode ser tratada isoladamente, uma vez que as manifestações estruturais, tectônicas, estratigráficas e magmáticas ali reconhecidas, além das características da fauna, flora e paleogeografia, mostram íntima correspondência com a geologia do Brasil e, especificamente, com os eventos que afetaram essa porção do continente sul-americano durante o Proterozóico e Fanerozóico. Parece evidente que a geologia da região oriental do país sofreu pronunciada influência da Plataforma Brasileira, de sorte que análises comparativas constituem instrumento eficaz para o entendimento sobre o posicionamento litoestratigráfico de suas unidades.

Os afloramentos de rochas pré-cambrianas do Paraguai acham-se relacionados com os escudos brasileiros, além de associados à faixa móvel orogênica Paraguai-Araguaia, distribuída em linhas gerais segundo NE-SW. Esta faixa atravessa o Paraguai na direção geral NS, paralelamente à margem ocidental da Bacia do Paraná, defletindo então bruscamente para ENE-WSW nas proximidades do paralelo 14°. Nessas áreas de atuação do pré-cambriano junto à porção setentrional do país tem-se o Complexo do Rio Apa, composto de variedades litológicas as mais diversas: complexo gnáissico, complexo metassedimentar-granitóide, unidade máfica e unidade granitóide (Wiens, 1986; Proyecto PAR 83/005, 1986). Comte e Hasui (1971) determinaram idades K/Ar de 1.250 ± 65 Ma e 1.056 ± 55 Ma (respectivamente, em anfíbolito e pegmatito), provavelmente de uma unidade gnáissica migmatítica. Isto parece sugerir a existência de uma fase mais jovem para o Cráton Amazônico, embora a presença de migmatitos possa indicar processos de deformação a altas temperaturas causados por eventos metamórficos. Por conseguinte, para o Complexo Basal do Rio Apa mencionam-se idades do Arqueano/Proterozóico Inferior.

Na porção NW do Alto do Rio Apa, são comumente encontradas rochas da Suíte Centurión, tendo como fase intrusiva metagranitos e como extrusiva riolacitos e riólitos do Proterozóico Médio, além dos riólitos de Fuerte Olimpo que forneceram idade de 1341 Ma (V.F. Velázquez, comunicação pessoal). Essas rochas colocam-se invariavelmente em contato intrusivo com o Grupo San Luís, uma unidade metassedimentar formada por meta-arenitos, protomilonitos, quartzo-mica xistos e milonitos, e admitida como sendo do Proterozóico Médio

a Superior (Wiens, 1986; Proyecto PAR 83/005, 1986). Fazem ainda parte da litoestratigrafia, as formações molássicas do final do Ciclo Brasileiro como bacias marginais precoces, embora a subsidência máxima tenha se dado na margem cratônica do antepaís, levando ao aparecimento de bacias marginais que foram invadidas pelo mar nas proximidades do Complexo do Rio Apa. Esta primeira fase de subsidência teria sido responsável pela formação da bacia de Vallemí-Itapucumí. Com essa ingressão teve lugar a deposição de sedimentos terrígenos da Formação Vallemí e carbonatados da Formação Cambájhopo, do Grupo Itapucumí (Harrington, 1950), posicionado no Pré-cambriano Superior/Cambriano Inferior. Eles são penetrados por granitos pórfiros e cobertos por riólitos da Suíte San Ramón (Wiens, 1986) e, estratigraficamente, se dispõem em contato discordante com o Grupo São Luís (Proyecto PAR 83/005, 1986). Assim, na bacia de Vallemí, a principal discordância é encontrada no Pré-cambriano, e se constitui na primeira discordância cratônica do Fanerozóico. Porém, as rochas mais novas erodidas nessa discordância são atribuídas à seqüência molássica vulcânica pós-orogênica do Ciclo Brasileiro. As seqüências cristalina, meta e vulcanossedimentar, bem como a magmática do Pré-cambriano Sul foram divididas, segundo suas características litoestratigráficas, em cinco unidades. A primeira é a mais antiga, correspondendo ao Complexo Rio Tebicuary, e representa o embasamento metamórfico de idade Arqueana/Proterozóica Inferior (Proyecto PAR 83/005, 1986). A segunda consiste em rochas metabásicas (anfíbolitos e epidiositos) associadas a granodioritos da Suíte Villa Florida, de idade Proterozóica Médio (Proyecto PAR 83/005, 1986). A terceira unidade é predominantemente metassedimentar e composta de conglomerados arcóianos, folhelhos, folhelhos siltosos, arcósios e arenitos arcóianos em associação com vulcanossedimentares (tufos soldados) do Grupo Paso Pindó, posicionado no Pré-cambriano Superior (Proyecto PAR 83/005, 1986). A quarta unidade é constituída por vulcanossedimentares mostrando grande abundância de minerais félsicos, além de rochas metamórficas do tipo hornfels, e incluídas na Unidade Vulcanossedimentar de Cristo Redentor (468 Ma, cf. De Min, 1993). Já a quinta reúne intrusivas e extrusivas do Ciclo Brasileiro, principalmente granitos e riólitos do Grupo Caapucú, com idades, respectivamente, de 576 ± 15 a 544 ± 11 Ma (Bitschene e Lippolt, 1986).

Do ponto de vista geotectônico, o advento do Paleozóico é marcado pelo desenvolvimento da segunda fase de subsidência, coincidente com o preenchimento das bacias, que se processou em sua quase totalidade por sedimentos silico-clásticos. A deposição teve início no Ordoviciano e incluiu os sedimentos do Siluriano-Devoniano (Orué et al., 1992), ainda que o grosso da sedimentação esteja associado ao Siluriano (Llando-veriano). Essas unidades, predominantemente conglomeráticas, arenosas e feldspáticas, representam o Grupo Caacupé, que se coloca entre os sedimentos das Formações Paraguari, Cerro Jhú e

Tobatí e os depósitos das Formações Boquerón, Eusebio Ayala e Isla Pucú do Grupo Itacurubí, reunindo tilitos, arenitos, siltitos e folhelhos (Orué et al., 1992). A acumulação envolveu também abundante fauna de invertebrados marinhos (Ciguel e Orué, inédito), constituindo uma típica seqüência progradacional, resultante do rápido avanço do mar, geração de espaço e progressivo assoreamento. A preservação da seqüência gradacional Ordoviciano-Siluriano é uma atividade tectônica formadora e deformadora de grande magnitude e não apenas um episódio de regressão marinha (Soares, 1991).

As unidades de idade Ordoviciano-Siluriano pertencentes à Bacia do Paraná que afloram no Paraguai são correlacionadas às formações brasileiras Rio Ivaí (Zalán et al., 1989), Iapó (Orué et al., 1992) e Vila Maria (Faria, 1982).

O registro desses eventos permite a organização sistemática da sucessão dos estratos silurianos em relação às unidades sobrepostas, em descontinuidade, mostrando uma distribuição variável devida a fatores erosivos pós-deposicionais, embora esses depósitos sejam ricos em fósseis, a demonstrar, assim, que se trata de uma seqüência progradacional. Como forma de explicar a distribuição dos sedimentos regressivos sobrepostos, exibindo marcante homogeneidade litológica e representados por arenitos de granulação média a grossa, conglomeráticos na base, com estratificação cruzada, tem-se o contato discordante com as formações progressivamente mais novas, com a correlação se fazendo pela presença de uma unidade litoestratigráfica, disposta como um "blanket" arenoso, a Formação Arroyos Esteros, do Devoniano (Orué et al., 1992). A deposição dos sedimentos foi o palco do desenvolvimento dos aulacógenos, com o gradiente da futura Bacia do Paraná inclinando-se para W, o que levou à formação de uma bacia marginal (Fúlfaro et al., 1982), de idade Siluriano-Devoniano, na sua borda pericratônica ocidental, no Paraguai.

Na fase de expansão das unidades paleozóicas, um importante episódio regressivo deu contorno à bacia, que assumiu um caráter de sinéclise por ocasião do ciclo deposicional do Permo-Carbonífero. Nesta fase, o Carbonífero Inferior assistiu a um processo de instabilidade (fatores tectônicos e climáticos) que levou à inexistência de registro sedimentar (discordância). A terceira subsidência evidencia a retomada da sedimentação no Carbonífero Superior com o aparecimento na porção central da bacia de pacotes silíticos, ritmitos, diamictitos e arenitos do Grupo Coronel Oviedo. A Formação Aquidabán, presente na parte norte, inclui arenitos, tilitos, diamictitos, argilitos e conglomerados. Em contraste, a sedimentação Permiana mostra no todo caráter transgressivo junto à porção sul (Grupo Independencia), dando-se a acumulação de arenitos, siltitos e argilitos da Formação San Miguel. A Formação Tacuary, superior, reúne arenitos, siltitos com níveis argilosos, calcários oolíticos e fósseis vegetais.

Os sedimentos do Grupo Coronel Oviedo acham-se assentados, em discordância erosiva,

sobre arenitos da Formação Arroyos Esteros, na porção central até próximo ao Complexo do Rio Apa, quando então se sobrepõem a rochas do Grupo Itapucumí e do embasamento cristalino, embora os contatos no extremo norte do Baixo de San Pedro sejam interdigitados com a Formação Aquidabán. A situação estratigráfica do Grupo Independencia (Formações San Miguel e Tecuary) acha-se definida por suas relações de contato com pacotes de rochas do Carbonífero e por sua posição discordante, do tipo erosivo, relativamente aos sedimentos do Grupo Coronel Oviedo. Não obstante observações tenham se referido à Formação Aquidabán como repousando concordantemente sobre o Grupo Coronel Oviedo. O contato superior (Formação Tacuary) é do tipo concordante interdigitado.

Recobrimo indistintamente as unidades geológicas, tem-se a seqüência NeoPermiana/EoTriássica, reunindo unidades sedimentares que estiveram sujeitas a processos erosivos extensivos em áreas marginais, como reflexo interno do continente. A sedimentação Paleo-Mesozóica, na área abrangida entre o Pré-cambriano Sul e Norte, foi subsidente em relação às porções marginais, dando-se então a implantação do arcabouço estratigráfico-estrutural que, posteriormente, seria designado como sinclinal do Baixo San Pedro, pela totalidade do registro sedimentar e concomitância com o da Bacia do Paraná. Neste contexto, a sedimentação recomeçou no NeoTriássico (Formação Misiones) num ambiente flúvio-eólico; mais tarde, um campo de dunas de areia cobriu extenso território do norte ao sul do Paraguai Oriental, culminando com variados eventos tectônicos que se prolongaram até o período NeoJurássico/EoCretáceo. O contato dessas formações com as unidades inferiores permo-carboníferas se dá por discordância erosiva; esses sedimentos eólicos, por sua vez, são correlacionáveis com a Formação Botucatu, no Brasil.

Uma nova fase distensiva teve lugar com a formação de bacias periféricas, associadas a estruturas que antecederam e acompanharam o rifteamento continental. Com isto, a rotação diferencial da parte meridional da América do Sul, em relação à norte ainda fixa, ocasionou a formação de arcos, seguida de intenso falhamento e atividade intrusiva (Soares, 1991), esta responsável por numerosas manifestações de rochas alcalinas exibindo duas idades diferentes, Permo-Triássico, NeoJurássico a EoCretáceo (Províncias Alcalinas do Alto Paraguai, Central e Amambay), e pelo extravasamento de grandes volumes de lavas basálticas continentais (Formação Alto Paraná). Adicionalmente, dados radiométricos para os toleítos da Formação Serra Geral (denominação empregada para o território brasileiro) da Bacia do Paraná apontam valores entre 130-120 Ma e razão inicial de 0,70584 (cf. Piccirillo e Melfi, 1988). Esses eventos magmáticos referem-se a um período de intensa atividade tectônica, como reflexo dos estágios do rifteamento sul-atlântico, e marcam o encerramento tectônico, que teve início no Triássico e final no EoTerciário. A posição estratigráfica da

Formação Misiones é definida pelas relações de contato com a Formação Alto Paraná, sobreposta, e mostrando discordância erosiva e interdigitada, como evidenciado pela presença de lentes arenosas intertrapianas. Advoga-se uma discordância no NeoJurássico a EoCretáceo, estando a Formação Misiones preservada apenas em virtude do vulcanismo subsequente.

A fase Jurássica-Cretácica é caracterizada pela existência de uma crosta continental afetada por processos de fraturamento distensional e movimentos verticais de blocos (falhas), com extrusões e intrusões de corpos alcalinos, na forma de diques (enxames), "plugs", "sills", "stocks", lavas e domos.

Não raro o registro desses fatos propicia o estabelecimento de uma cronologia de eventos que permitem posicionar e distribuir o magmatismo alcalino. Contudo, dados disponíveis sobre a Província Alto Paraguai, reunindo rochas intrusivas de afinidade sienítica e caráter variável de saturado a insaturado, colocam essa atividade no Permo-Triássico (223-253 Ma, cf. Velázquez et al., 1993). Os corpos extrusivos acham-se representados por fonolitos e traquifonolitos, e também por fonolitos e traquitos junto às ocorrências do rio Apa. Ao sul desse rio, reconhecem-se basanitos e lamprófiros, com idade de 147 Ma (F. Wiens, comunicação pessoal).

Para as rochas da Província Central foram obtidas idades no intervalo 130-120 Ma, com os valores da razão inicial variando entre 0,70685 e 0,70790. Elas ocorrem de forma muito variada, reunindo, na fácies intrusiva, gabros, essexitos, sienogabros, gabros essexíticos, sienodioritos e, mais raramente, sienitos; por sua vez, a fácies extrusiva inclui basaltos alcalinos a traquifonolitos/traquitos e basanitos a fonolitos; já os diques exibem também grande variação composicional e a mesma representação litológica da fácies extrusiva.

A Província Amambay situa-se no mesmo cronogrupo da Central, ao redor de 130 Ma. As associações litológicas possibilitam distinguir como principais variedades rochas ultrabásicas associadas a piroxenitos e lamprófiros. Subordinadamente, citam-se shonkinitos, nefelina sienitos, traquitos, fonolitos, além de núcleos centrais e periféricos de carbonatitos, de natureza sovítica, alvikítica a sílico-alvikítica. As relações com as encaixantes pré-cambrianas indicam a presença de feições brechóides, silicificação e auréolas metassomáticas e/ou fenitizadas, enquanto que as de contato com as unidades paleo-mesozóicas sugerem discordância tectônica e litológica.

O conjunto de fatores mencionados revela a existência de típicos ambientes distensionais, associados a uma fase de vulcanismo basáltico. Por conseguinte, tem início um novo período de subsidência e estruturação na Bacia do Paraná, com reflexos na evolução estratigráfica do Paraguai Oriental. Nesse contexto, as feições estruturais no período Meso-Cenozóico

mostraram uma revolução na geometria interna do preenchimento sedimentar. Praticamente toda a sedimentação foi controlada por movimentos verticais de pequena escala, mas de magnitude suficiente para interferir na localização e distribuição das fácies sedimentares da Formação Patiño, fortemente influenciada pela evolução do Vale de Ypacaraí, que se acha relacionada ao "rift" de Assunção. Encerrada a atividade magmática mesozóica, carente de depósitos subaquosos entre os derrames, desenvolveu-se um manto de intemperismo, onde se assentaram arenitos flúvio-eólicos da Formação Acaray, de idade NeoCretácica.

Na área definida como "rift" de Assunção, e tectonicamente relacionada a essa feição estrutural de direção NW-SE, tem-se a atividade magmática associada à Província Assunção (Bitschene et al., 1985), incluindo grande número de ocorrências de rochas ultrabásicas alcalinas, com tendência fortemente sódica, que afloram na forma de "plugs", lavas e diques. As datações radiométricas disponíveis para essas ocorrências permitem situá-las no intervalo 61-39 Ma (Comin-Chiaramonti et al., 1991b), com os valores da razão inicial (0,70362-0,70392) mostrando-se em geral mais baixos que os das outras províncias. As rochas variam em composição de nefelinitos a ankaratritos e contêm xenólitos mantélicos de natureza peridotítica.

A última fase de sedimentação terrestre, que se deu ao final do Terciário (tectônica moderna neogênica), sofreu a influência de soerguimentos epirogenéticos (Orogenia Andina) responsáveis por diversos abatimentos na região meridional do continente, como o que deu origem à abertura da bacia hidrológica do rio Paraguai, no Pleistoceno (Báez e Orué, 1994). O Quaternário tem a sua principal área de ocorrência situada na porção ocidental do Paraguai Oriental, na forma de uma faixa de direção NS (cf. Báez e Orué, 1994), que acompanha o curso da bacia hidrológica do rio Paraguai (planícies), além dos planaltos da região oriental (terraços antigos). A rede de drenagem desse rio e das áreas interfluviais sujeitas a inundações ocasionais é responsável pela formação de depósitos de areias, siltes e argilas pertencentes aos Aluviões Atuais, que se instalaram no Holoceno se desenvolveram e principalmente ao longo do rio Paraguai.

Neste quadro, deu-se no Quaternário, o início da deposição gradativa em áreas subsidentes sobre o substrato Pré-cambriano ao Cenozóico. Aí se encontram os depósitos alúvio-coluvionais que, atualmente, estão sendo depositados nas margens e leitos dos rios e corrégos que drenam a área. Quatro unidades aluvionais foram individualizadas: a mais antiga, denominada nível 1, correspondendo a depósitos detríticos situados nas costas de zonas topograficamente mais elevadas, na forma de Terraços Antigos (Terrenos Altos); o nível 2, representado por conglomerados e rochas calcárias, e constituindo depósitos de Pedimento Antigo (Formação San Lazaro); o nível 3, caracterizado por sedimentos arenosos e argilosos

inconsolidados (concreções, nódulos, gesso e material pozolânico) situados em planícies aluviais recentes (Formação Santa Rosa); o quarto nível, formado por sedimentos de planícies aluviais atuais, com predomínio de cascalhos de granulação grossa cobertos por bancos arenosos.

CAPÍTULO 6
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALCOVER NETO, A.; TOLEDO, M.C.M.; LENHARO, S.L.; ORUÉ, D.; MATOS, J.R. (1995) Caracterização geoquímica preliminar dos minerais do grupo do pirocloro no maciço alcalino-carbonatítico de Chiriguélo (Paraguai Oriental). 5º Congr. Bras. Geoq./3º Congr. Geoq. PLOP, Niterói, RJ, CD-ROM, 4p.
- ALMEIDA, F.F.M. (1971) Condicionamento tectônico do magmatismo alcalino mesozóico do sul do Brasil e do Paraguai oriental. An. Acad. brasil. Cienc., 47:451-458.
- ALMEIDA, F.F.M. (1983) Relações tectônicas das rochas alcalinas mesozóicas da região meridional da plataforma Sul-Americana. Rev. Bras. Geoc., 13:139-248.
- ALMEIDA, F.F.M. e HASUI, Y. (1984) O Pré-Cambriano do Brasil. Ed. Edgard Blücher Ltda., São Paulo, 378p.
- AMARAL, G.; CORDANI, U.G.; KAWASHITA, K.; REYNOLDS, J.H. (1967) Potassium-argon dates of basaltic rock from Southern Brazil. Geochim. Cosmochim. Acta, 30:459-189.
- ANÔNIMO (1966) Cuadrícula 40 Itá, Plan de Prospección Geológica y Mineral. Archivo DRM-MOPC, Asunción, 50p.
- ANDERSON, W. e ASSOCIATED (1980) Consulting micropaleontology. Anschutz Co., TAC Int. Rep., Archivo DRM-MOPC, Asunción, 7p.
- ANSCHUTZ (1979) U-Potencial derived from wide-space airborne radiometric survey (Maps 1 and 2). In: Evaluation of regional aerogeophysical survey results. Anschutz Co., TAC Int. Rep., 4p.
- ANSCHUTZ (1980) Geological map of Eastern Paraguay. Escala 1:500.000. Anschutz Co., TAC Int. Rep., Archivo DRM-MOPC, Asunción.
- ANSCHUTZ (1981) San José area-Sketched geological map based on drill data. Map 269 - Escala 1:50.000. Anschutz Co., TAC Int. Rep., Archivo DRM-MOPC, Asunción.
- ASLAND (1985) Estudio geológico, valoración y bosquejo de exploración del yacimiento calcáreo de Vallemí, República del Paraguay. Rel. Int. I.N.C., 186p. (inédito)
- BÁEZ, A.B. e ORUÉ, D. (1994) Distribuição e caracterização Quatemária na Depressão do Rio Paraguai. Fac. Cien. Exac. Nat. - Univ. Nac. Asun. (inédito).
- BÁEZ PRESSER, J. (1992) Geologia da Folha 5569-III La Colmena, Paraguai Oriental. Dissertação de Mestrado, Universidade de São Paulo, 205p.
- BATES & JACKSON (1980) Glossary of Geology. American Geological Institute, 751p.
- BEDER, R. e WINDHAUSEN, A. (1918) Sobre la presencia del Devónico en la parte media de la República del Paraguay. Bol. Acad. Cienc. Córdoba, 23:255-262.

- BELLIENI, G.; COMIN-CHIARAMONTI, P.; MARQUES, L.S; MARTINEZ, L.A.; MELFI, A.J.; NARDI, A.J.R.; PICCIRILLO, E.M.; STOLFA, D. (1986) Continental flood basalts from the central-western regions of the Paraná plateau (Paraguay and Argentina): petrology and petrogenetic aspects. *Neues Jb. Miner. Abh.*, **154**:111-139.
- BERBERT, C.O. e TRIGUIS, J.A. (1993) Carbonatito de Pedro Juan Caballero, Paraguai. 25º Congr. Bras. Geol., Aracaju, SE, Resumo das Comunicações, p. 77-78.
- BERTONI, M.C. (1912) Descripción física e economica del Paraguay. Mapa del Paraguay Oriental, 1:1.200.000, Asunción.
- BITSCHENE, P.R. (1987) Mezoicher und Kaenozoischer anorogener magmatismus in Ostparaguay: arbeiten zur geologie und petrologie zweier Alkali provizen. Ph.D. Thesis, Heidelberg University, 318p.
- BITSCHENE, P.R. e BÁEZ PRESSER, J. (1989) The Alkaline Province (Eastern Paraguay): geologic setting and petrogenetic aspects. *Zbl. Geol. Paläont., Teil I*, **5/6**:959-971.
- BITSCHENE, P.R. e LIPPOLT, H.J. (1984) Geologie der Cordillera der Ybytyruzú in Ostparaguay: ein Mesozoicher alkali-intrusiv-komplex am westrand der Paranabeckens. *Lat. Amer. Koll. Marburg, Tag., Heft.*, **9/10**:33-34.
- BITSCHENE, P.R. e LIPPOLT, H.J. (1986) Acid magmatites of the Brasiliano Cycle in East Paraguay. *Zbl. Geol. Paläont. Teil I*, **9/10**:1457-1468.
- BITSCHENE, P.R.; LIPPOLT, H.J.; ARETZ, J. (1985) Tertiärer vulcanismus in Ostparaguay (Asunción Provinz) und rifting-proezesse am westrand der Sudamerik Plattform. *Fortschr. Miner.*, **63**:26.
- BOETTNER, R. (1947) Estudio geológico desde Puerto Foncière hasta Toldo-Cué, *Rev. Fac. Quím. Farm., Univ. Nac. Paraguay*, **3**:9-14.
- CARNIER, K. (1911) Reisen in Mato Grosso und Paraguay. *Mitt. Geog. Gesell.*, **6**:18-44.
- CARNIER, K. (1913) Einige bemerkungen über die isolierten gebirge im tieflande des Paraguay. *Mitt. Geog. Gesell.*, p.87-117.
- CARLSON, L.A. (1981) Proposed formation names. Anschutz Co., TAC Int. Rep., Archivo DRM-MOPC, Asunción.
- CENSI, P.; COMIN-CHIARAMONTI, P.; LONGINELLI, A.; DEMARCHI, G.; ORUÉ, D. (1989) Geochemistry and C-O isotopes of the Chiriguelo carbonatite (North-eastern Paraguay). *J. South Amer. Earth Sci.*, **3**:295-303.
- CIGUEL, J.H.G. (1988) Tentaculites Itacurubiensis n.sp. dos depósitos regressivos do Paraguai Oriental, Siluriano Inferior da Bacia do Paraná. *Rev. Bras. Geoc.*, **18**:86-92.
- CIGUEL, J.H.G. e ORUÉ, D. (1990) Revaliação da litoestratigrafia dos Grupos Caacupé e Itacurubí (Ordoviciano-Siluriano) no flanco ocidental da Bacia do Paraná, Paraguai

- Oriental (inédito).
- CIGUEL, J.H.G.; ROSLER, O.; CLÉRICI, A.M.C. (1987) Skolithos verticalis e skolithos ayalis, Formação Eusebio Ayala (Grupo Itacurubí, borda ocidental da Bacia do Paraná no Paraguai) e sua importância no ambiente deposicional. Congr. Bras. Pal., Rio Janeiro, Anais, 10:253-269.
- CLARKE, J.M. (1913) Fósseis devonianos do Paraná. Monographia I, Depto. Serv. Geol. Min. Brasil (Rio de Janeiro). Vol. I.
- COMI-CHIARAMONTI, P.; CAPALDI, G.; CENSI, P.; CUNDARI, A.; DE MIN, A.; GOMES, C.B.; ORUÉ, D.; PETRINI, R.; PICCIRILLO, E.M.; VELÁZQUEZ, V.F. (1991a) Geoquímica dos complexos alcalinos potássicos do Paraguai Centro-Oriental. 3° Congr. Bras. Geoq./1° Congr. Geoq. PLOP, São Paulo, Brasil, Resumos, p.100-108.
- COMIN-CHIARAMONTI, P.; CENSI, P.; CUNDARI, A.; GOMES, C.B. (1992a) A silico-beforsitic flow from the Sapucaí Complex (Central-Eastern Paraguay). Geochim. Brasil., 6:87-91.
- COMIN-CHIARAMONTI, P.; CIVETTA, L.; PETRINI, R.; PICCIRILLO, E.M.; BELLINI, G.; CENSI, P.; BITSCHENE, P.R.; DEMARCHI, G.; DE MIN, A.; GOMES, C.B.; CASTILLO, A.M.C.; VELÁZQUEZ, J.C. (1991b) Tertiary nephelinitic magmatism in Eastern Paraguay: petrology, Sr-Nd isotopes and genetic relationships with associated spinel-peridotite xenoliths. Eur. J. Mineral., 3:507-525.
- COMIN-CHIARAMONTI, P.; CUNDARI, A.; CENSI, P.; GOMES, C.B.; PICCIRILLO, E. M.; BELLINI, G.; DE MIN, A.; ORUÉ, D.; VELÁZQUEZ, V.F. (1991c) Mesozoic dyke swarm in the Sapucaí Graben (Central-eastern Paraguay). International Symposium on Mafic Dykes, São Paulo, Brasil, Expanded Abstracts, p.125-132.
- COMIN-CHIARAMONTI, P.; CUNDARI, A.; GOMES, C.B.; PICCIRILLO, E.M.; BELLINI, G.; VELÁZQUEZ, V.F.; DE MIN, A. (1991d) Potassic dykes from Central Paraguay. Terra, 3:25.
- COMIN-CHIARAMONTI, P.; CUNDARI, A.; GOMES, C.B.; PICCIRILLO, E.M.; BELLINI, G.; CENSI, P.; ORUÉ, D.; VELÁZQUEZ, V.F. (1990a) Mineral chemistry and its genetic significance of major and accessory minerals from a potassic dyke swarm in the Sapucaí graben, central-eastern Paraguay. Geochim. Brasil., 4: 175-206.
- COMIN-CHIARAMONTI, P.; CUNDARI, A.; GOMES, C.B.; PICCIRILLO, E.M.; CENSI, P.; DE MIN, A.; BELLINI, G.; VELÁZQUEZ, V.F.; ORUÉ, D. (1992b) Potassic dyke swarm in the Sapucaí Graben, Eastern Paraguay: petrological, mineralogical and geochemical outlines. Lithos, 28:283-301.
- COMIN-CHIARAMONTI, P.; GOMES, C.B.; CENSI, P.; DE MIN, A.; ROTOLO, S.G.; VELÁZQUEZ, V.F. (1993) Geoquímica do magmatismo pós-paleozóico no Paraguai

- Centro-Oriental. *Geochim. Brasil.*, 7:19-34.
- COMIN-CHIARAMONTI, P.; GOMES, C.B.; PETRINI, R.; DE MIN, A.; VELÁZQUEZ, V.F.; ORUÉ, D. (1992c) A new area of alkaline rocks in Eastern Paraguay. *Rev. Bras. Geoc.*, 22:500-506.
- COMIN-CHIARAMONTI, P.; DEMARCHI, G.; GIRARDI, V.A.V.; PRINCIVALLE, F.; SINIGOI, S. (1986) Evidence of mantle metasomatism and heterogeneity from peridotite inclusions of northeastern Brazil and Paraguay. *Earth Planet. Sci. Lett.*, 27:203-217.
- COMIN-CHIARAMONTI, P.; GOMES, C.B.; PICCIRILLO, E.M.; BELLINI, G.; CASTILLO, A.M.C.; DEMARCHI, G.; GALLO, P.; VELÁZQUEZ, J.C. (1990b) Petrologia do maciço alcalino de Acahay, Paraguai Oriental. *Rev. Bras. Geoc.*, 20:133-152.
- COMTE, D. (1968) Observaciones geológicas recientes del Paraguay Oriental. *C.R. Acad. Sc. Paris*, 267:5.
- COMTE, D. e HASUI, Y. (1971) Geochronology of Eastern Paraguay by the potassium-argon method. *Rev. Bras. Geoc.*, 1:33-43.
- CORDANI, U.G.; THOMAS FILHO, A.; BRITO NEVES, B.B.; KAWASHITA, K. (1985) On the applicability of the Rb-Sr method to argillaceous sedimentary rock: some examples from Precambrian sequences of Brazil. *Giorn. Geol., Ser. 3*, 47: 253-280.
- CUENCA DEL PLATA (1975) Región Nororiental-Proyecto Aquidabán. Republica del Paraguay. Secretaria General OEA, Washington, D.C., EUA, 197p.
- DeGRAFF, J.M. e ORUÉ, D. (1984) Proyecto tectónico del Paraguay Suroriental. Informe de progreso. Dindusmil-University of Purdue.
- DeGRAFF, J.M.; FRANCO, R.; ORUÉ, D. (1981) Interpretación geofísica y geológica del Valle de Ypacaraí (Paraguay) y su formación. *Rev. Asoc. Geol. Arg.*, 3:240-256.
- DE MIN, A. (1993) Il magmatismo mesozoico K-alcálico del Paraguay orientale: Aspetti petrogenetic ed implicazioni geodinamiche. Ph.D. Thesis, University of Trieste, 242p.
- DRUECKER, M. (1981) Alkaline complexes in Paraguay. Status report. Anschutz Co., TAC Int. Rep., 60p.
- DRUECKER, M.D. e GAY Jr., S.P. (1987) Mafic dyke swarms associated with mesozoic rifting in eastern Paraguay, South America. In: H.C. Halls & W.F. Fahring (eds.) *Mafic Dyke Swarms*. *Geol. Assoc. Can., Spec. Publ.*, 34:187-193.
- DuGRATY, A. (1865) *La République de Paraguay*, 2d ed., Brussels, C. Muquardt, 407p.
- DYCK, M. (1991) *Estratigraphie, Fauna, Sedimentologie und Tektonik im Ordovizium und Silur von ost-Paraguay und der Vergleich Mit den Argentinisch-Bolivianischen Anden*. Ph.D. Thesis, Hannover University, 263p.
- EBY, N.G. e MARIANO, A.N. (1986) Geology and geochronology of carbonatite peripheral to

- the Paraná Basin, Brazil-Paraguay. Carbonatite Symposium, Ottawa, Canada, 13p.
- ECKEL, E.B. (1959) Geology and mineral resources of Paraguay, a reconnaissance. U.S. Geol. Surv., Prof. Paper, 34:1-110.
- ESCOBAR, D.A. (1987) Estado actual del Silúrico Devónico en el Paraguay. Informes Científicos. I.C.B.- U.N.A. Vol. 5, N.1, Asunción, 19p.
- FAIRCHILD, T.D. e SUNDARAM, D. (1981) Novas evidências palinológicas sobre a idade do Grupo Corumbá, Ladário, Mato Grosso do Sul. 1º Simp. Geol. Centro-Oeste, Goiânia, GO, Geologia do Pré-Cambriano, Resumos, p.13.
- FARIA, A. (1982) Formação Vila Maria - Nova unidade litoestratigráfica siluriana da Bacia do Paraná. Rev. Ciênc. Terra, 3:12-15
- FÚLFARO, V.J.; SAAD, A.R.; SANTOS, M.V.; VIANNA, R.B. (1982) Compartimentação e evolução tectônica da Bacia do Paraná. In: IPT (eds.), Geologia da Bacia do Paraná-Reavaliação da Potencialidade e Prospectividade em Hidrocarbonetos, 12:75-115.
- GAY, S.P. (1979) Anomaly location in San José detailed area. Anschutz Co., TAC Int. Rep., Archivo DRM-MOPC, Asunción.
- GOLDSCHLAG, M. (1913) Beitrag zur kenntnis der Petrographie Paraguay und des angrenzender Gebietes von Mato Grosso, 59p.
- GOMES, C.B.; COMIN-CHIARAMONTI, P.; DE MIN, A.; MELFI, A.J.; BELLINI, G.; ERNESTO, M.; CASTILLO, A.M.C.; VELÁZQUEZ, V.F. (1989) Atividade filoniana associada ao complexo alcalino de Sapukai, Paraguai Oriental. Geochim. Brasil., 3:93-114.
- GOMES, C.B.; COMIN-CHIARAMONTI, P.; DE MIN, A.; ROTOLO, S.G.; VELÁZQUEZ, V.F. (1993) A Província Alcalina do Alto Paraguai (Mato Grosso do Sul e Paraguai): Características geoquímicas. 4º Congr. Bras. Geoq., p.55-58.
- GOMES, C.B.; COMIN-CHIARAMONTI, P.; VELÁZQUEZ, V.F.; ORUÉ, D. (1996) Alkaline magmatism in Paraguay: a review. In: P. Comin-Chiaramonti e C.B. Gomes (eds.) Alkaline magmatism in Central-Eastern Paraguay. Relationship with coeval magmatism in Brazil. EDUSP/FAPESP, São Paulo (no prelo).
- GREEN, P.F.; DUDDY, I.R.; O'SULLIVAN, P.; HEGARTY, K.A.; COMIN- CHIARAMONTI, P.; GOMES, C.B. (1991a) Análise de traços de fissão em apatita de rochas alcalinas do Paraguai Oriental e sua implicação para a exploração de hidrocarbonetos. 3º Congr. Bras. Geoq./1º Congr. Geoq. PLOP, São Paulo, Brasil, Resumos, p.627.
- GREEN, P.F.; DUDDY, I.R.; O'SULLIVAN, P.; HEGARTY, K.A.; COMIN- CHIARAMONTI, P.; GOMES, C.B. (1991b) Mesozoic potassic magmatism from the Asunción-Sapucaí graben (Paraguay): apatite track analysis of the Acahay suite and implications for hydrocarbon exploration. Geochim. Brasil., 5:79-87.

- HAGGERTY, S.E. e MARIANO, A.N. (1983) Strontian loparite and strontio-chevkinite: two new minerals in rheomorphic fenites from the Paraná Basin carbonatites, South America. *Contr. Mineral. Petrol.*, **84**:365-381.
- HALES, F.W. (1980) An interpretation of the data from the airborne magnetic surveys in northern-Areas of Eastern Paraguay. Anschutz Co., TAC Int. Rep., Archivo DRM-MOPC, Asunción, 19p.
- HALES, F.W. (1982) The airborne geophysical survey of the Pilar Nose Area of Eastern Paraguay. Analysis of the magnetometric data. Anschutz Co., TAC Int. Rep., Archivo DRM-MOPC, Asunción, 20p.
- HARRINGTON, H.J. (1950) Geología del Paraguay Oriental. Univ. Buenos Aires, Fac. Cienc. Exact. Fis. Nat., *Contr. Cient. Série E, Geologia*, **1**:1-88.
- HARRINGTON, H. J. (1956) Paraguay In: Jenks (ed.) *Handbook of South America Geology*. *Geol. Soc. Amer. Mem.*, **65**:99-114.
- HARRINGTON, H.J. (1972) Silurian of Paraguay. In: B.W.B.N. Bevy & A.J. Bougot (eds.) *Correlation of the South American Silurian rocks*. Vol. **133**:41-50.
- HERZ, N. (1977) Timing of apreading in the South Atlantic information from Brazilian alkalic rocks. *Geol. Soc. Amer. Bull.*, **88**:101-112.
- HIBSCH, J. Em. (1891) Einige Gesteine aus Paraguay. *Tschermaks Mineralog. Petrog. Mitt.*, **12**:253-255.
- HUTCHISON, D.S. (1979a) Uranium exploration in the permocarboniferous sequence, south of latitude 25°. Results and recommendations. Anschutz Co., TAC Int. Rep., Archivo DRM-MOPC, Asunción, 19p.
- HUTCHISON, D.S. (1979b) Geology of the Apa High. Anschutz Co., TAC Int. Rep., Archivo DRM-MOPC, Asunción, 19p.
- HUTCHISON, D.S. (1980a) Reconnaissance exploration in the Apa High, July-August 1979: Results and recommendations. Anschutz Co., TAC Int. Rep., Archivo DRM-MOPC, Asunción, 13p.
- HUTCHISON, D.S. (1980b) Apa High (Northern Precambrian). Anschutz Co., TAC Int. Rep., Archivo DRM-MOPC, Asunción, 3p.
- IPT (1980) Tectônica da Bacia do Paraná no Brasil. Paulipetro, São Paulo. Rel. **14091**:187p.
- IRIONDO, M. (1993) Geomorfología y Cuaternario Superior del Chaco (Sudamerica). *Geomorphology*, **7**:289-303.
- IRIONDO, M. e GARCIA, N.O. (1992) Climatic variation in the Argentine plains during the last 18,000 years. *Palaeogeogr., Palaeoclimatol., Palaecol.*, p. 209-220.
- KANZLER, A. (1987) The Southern Precambrian in Paraguay. Geological inventory and age

- relations. *Zbl. Geol. Paläont. Teil I*, 7/8:753-765.
- KARPOFF, M.R. (1965) Observations géologiques au SE d'Asunción. *C.R. Acad. Sc.*, 261:5558-5560.
- LIVIERES, R.A. (1987) Der karbonatit-komplex von Chiriguelo. Nordost-Paraguay. Ph.D. Thesis, Clausthal University, 191p.
- LIVIERES, R. e QUADE, H. (1987) Distribución regional y asentamiento tectónico de los complejos alcalinos del Paraguay. *Zbl. Geol. Palaont., Teil I*, 7/8:791-805.
- MAACK, R. (1962) Neue Forschungen in Paraguay und am Rio Paraná. *Archivos de Biblioteca Instituto de Geociências-Universidade Federal do Paraná, Curitiba*, 1:4-48.
- MARIANO, A.N. (1978) Report on alkaline rocks exploration in the area of Pedro Juan Caballero. Anschutz Co., TAC Int. Rep., Archivo DRM-MOPC, Asunción, 133p.
- MARIANO, A.N. (1979) Preliminary exploration for carbonatites and alkaline complexes in Paraguay. Anschutz Co., TAC Int. Rep., 120p.
- MARIANO, A.N. e DRUECKER, M.D. (1985) Alkaline igneous rocks and carbonatites of Paraguay. *Geol. Soc. Amer., Abstr. Progr.*, 17:166.
- MILANI, E.J.; ASSINE, M.L.; SOARES, P.C.; DAEMON, R.F. (1993) A seqüência Ordovício-Siluriana da Bacia do Paraná. *PETROBRÁS, Curitiba* (inérito).
- MILCH, L. (1895) Über gesteine aus Paraguay. *Tschermaks Mineralog. Petrog. Mitt.*, 14:383-394.
- MIRAGLIA, I. (1965) Vulcanismo post-pliocénico del Paraguay. *Rev. Soc. Cient. Paraguay*, 7:1-52.
- NACIONES UNIDAS (1987) Mapa Geológico, Hidrológico y Metalogénico del Paraguay. DP/UN/PAR-83-005/1, 51p.
- NORTHFLEET, A.; MEDEIROS, A.A.; MUHLMANN, H. (1969) Reavaliação dos dados geológicos da Bacia do Paraná. *Bol. Técn. Petrobrás*, 12:291-346.
- OPPENHEIM, V. (1936) Geology of Devonian areas of Paraná basin in Brazil, Uruguay, and Paraguay. *Amer. Assoc. Petroleum Geol. Bull.*, 20:1208-1236.
- ORUÉ, D.; ROMERO, A.D.; FIGUEREDO, L.D.; VELÁZQUEZ, J.C.; BÁEZ, A.B.; WIENS, H. (1992) Distribución, facies y estructuras del Paleozóico Inferior en el Paraguay Oriental. *Archivo CEMIT-DDI. Univ. Nac. Asun., Resumen*.
- PALMIERI, J.H. (1973) El complejo alcalino potásico de Sapucaí (Paraguay Oriental). Ph.D. Thesis, Universidad de Salamanca, 298p.
- PALMIERI, J.H. e ARRIBAS, A. (1975) El complejo alcalino potásico de Sapucaí (Paraguay-Oriental) In: *Congr. Ibero-Amer. Geol. Econ.*, Buenos Aires, Anais, 4:267-300.
- PALMIERI, J.H.; PLUGFELDER, P.M.; CUEVAS, F.K (1974) Contribución a la geología

- regional del área de Ñeá-Cerro Sarambí. *Rev. Soc. Cient. Par.*, 14:62-66.
- PECTEN (1982a) Composite log Asunción 1. Pecten-Oriental-Trend.
- PECTEN (1982b) Composite log Asunción 2. Pecten-Oriental-Trend.
- PICCIRILLO, E.M. e MELFI, A.J. (1988) The Mesozoic flood volcanism of the Paraná Basin: petrogenetic and geophysical aspects. IAG-USP, São Paulo, 600p.
- PLÁ, J. (1985) La aventura mineralógica en el Paraguay, In: Estudios Paraguayos, *Rev. Univ. Cat. Ntra. Sra. de la Asunción*. Vol. XIII, No 1-2, p.333.
- PÖHLMANN, R. (1886) Gesteine aus Paraguay. *Neues Jahrbuch für Mineralogie, Geologie und Paleontologie*, 1:244-248.
- PREMOLI, C. e VELÁZQUEZ, J.C. (1981) Preliminary reconnaissance for uranium in Paraguay. In: Uranium deposits in Latin America: Geology and exploration. I.A.E.A., p.37-52.
- PRESSER, L.L.B. e CROSSA, F. (1984) Informe preliminar sobre Fósiles Vertebrados Pleistocénicos en la localidad de Ytorotó. Depto. Centr. Rep. Paraguay. Min. Educ. Culto-Div. Grai. de Bien. Cult., 16p.
- PROJETO RADAMBRASIL (1982) Folha SF.21 Campo Grande-Levantamento de Recursos Naturais. Ministério das Minas e Energia. Rio de Janeiro, 28:412p.
- PROYECTO PAR 83/005 (1986) Mapa geológico del Paraguay. PNUD-MDN. Texto explicativo, Asunción, 270p.
- PROYECTO PAR 86/003 (1989) Minerales no-metalicos y rocas de aplicación. CNDRICH/STP-PNUD/DTCD, Asunción, 81p.
- PUTZER, H. (1958) Formaciones del Cuaternario en el Trópico- Sudamérica. *Geol. Jhrb*, Hannover, 76:38-51.
- PUTZER, H. (1962) Die geologie von Paraguay. *Beitr. Reg. Geol. Erde*, 2:1-182.
- PUTZER, H. e VAN den BOOM, G. (1962) Über einigervor-kommen von alkaligesteinen in Paraguay. *Geol. Tb.*, 79:423-444.
- RODRIGUES, C. e LIMA, P.R. (1984) Carbonatitic complexes of Brazil. *Geology*. CBMM. São Paulo, p.1-3.
- SOARES, P.C. (1991) Tectônica Sin-sedimentar Cíclica na Bacia do Paraná - Controles. Tese para Professor Titular, Universidade Federal do Paraná, 148p.
- SONOKI, I.K. e GARDA, G. M. (1988) Idades K-Ar de rochas alcalinas do Brasil Meridional e Paraguai Oriental: compilação e adaptação às normas constantes de decaimento. *Bol. IG-USP, Sér. Cient.*, 19:63-85.
- SPINZI, A.M. (1983) Consideraciones sobre una formación de conglomerados en Areguá y alrededores. *Informes Científicos, I.B.C-U.N.A.* Vol. 4, n. 1. Asunción, 15p.

- SPINZI, A.M. (1987) Proyecto de evaluación calcárea - Cerro Cambájhopo. Dpto. Concepción. TAC Rel. Int., Archivo DRM-MOPC, Asunción, 48p.
- STORMER, J.C.; GOMES, C.B.; TORQUATO, J.R.F. (1975) Spinel Iherzolite nodules in basanite lavas from Asunción, Paraguay. *Rev. Bras. Geoc.*, 5:176-185.
- THOMAS e ASSOCIATES (1976) Preliminar ERTS interpretation. Southeastern Paraguay. Anschutz Co., TAC. Int. Rep., Archivo DRM-MOPC, Asunción, 19p.
- TEXACO (1991) Stratigraphy and facies of the San Miguel and Tacuary Formations in Anschutz Well, Southern Paraguay (inédito).
- THORNBURG, J.B.; THOMAS, A.; JOHANSEN, S.J. (1993) The San Miguel Formation: Mid Permian, Postglacial-Sedimentation in the Western Paraná Basin, Southeastern. Texaco, U.S.A., 41p.
- ULBRICH, H.H.G.J. e GOMES, C.B. (1981) Alkaline rocks from continental Brazil *Earth Sci. Rev.*, 17:135-154.
- VELÁZQUEZ, F.V. (1992) *Província Alcalina Central, Paraguai Centro-Oriental: Aspectos tectônicos, petrográficos e geocronológicos.* Dissertação de Mestrado, Universidade de São Paulo, 119p.
- VELÁZQUEZ, V.F.; GOMES, C.B.; CAPALDI, G.; COMIN-CHIARAMONTI, P.; ERNESTO, M.; KAWASHITA, K.; PETRINI, R.; PICCIRILLO, E.M. (1992) Magmatismo alcalino mesozóico na porção centro-oriental do Paraguai: aspectos geocronológicos. *Geochim. Brasil.*, 6:23-35.
- VELÁZQUEZ, F.V.; GOMES, C.B.; COMIN-CHIARAMONTI, P.; TASSINARI, C.C.G.; TEIXEIRA, W. (1993) Geocronologia da Província Alcalina do Alto Paraguai, (Área Puerto Guaraní-Porto Murtinho): Considerações preliminares. 4° Congr. Bras. Geoq., p.245.
- WIENS, F. (1981) Caacupé-Paraguai area (Silurian). Reconnaissance core drilling survey evaluation. Anschutz Co., TAC Int. Rep., Archivo DRM-MOPC, Asunción, 4p.
- WIENS, F. (1986) Zur lithostratigraphischen und strukturellen entwickling des Rio Apa Hochlandes, Nordost Paraguay. *Clausth. Geowiss. Diss.*, 19:280p.
- WIENS, F. (1991) Exploración Mineral en Paraguay Oriental. Informe de Geoconsultores. Asunción, 298p.
- WIENS, F.; GONZALEZ, M.E.; MUFF, R. (1993) Desarrollo tectono-sedimentario del bloque de Asunción, Paraguay. In: XII Congr. Geol. Argentino/II Congr. Expl. Hidr., Mendoza, Actas TºI:27-32.
- WILLOUGHBY, N.O. (1979) The geology and economic potential of the Centurión High-Northeastern Paraguay. Anschutz Co., TAC Int. Rep., Archivo DRM-MOPC, Asunción, 20p.

- WOLFART, R. (1961) Stratigraphie und fauna des alteren Palaozoikums (Silur-Devon) in Paraguay. Geol. Jhrb., 78:29-102.
- ZALÁN, P.V.; WOLFF, S.; CONCEIÇÃO, J.C.J.; ASTOLFI, M.A.M.; VIEIRA, I.S.; APPI, V.T.; ZANOTTO, O.A. (1989) Tectônica e sedimentação da Bacia do Paraná. Atas Simp. Sul-Bras. Geol., 1:441-477.