

Programa Geologia do Brasil
Levantamentos Geológicos Básicos

GEOLOGIA E RECURSOS MINERAIS DA FOLHA ACEGUÁ – SH.21-Z-D-VI



Escala: 1:100.000
2018

MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA
SECRETARIA DE GEOLOGIA, MINERAÇÃO E TRANSFORMAÇÃO MINERAL
SERVIÇO GEOLÓGICO DO BRASIL – CPRM
DIRETORIA DE GEOLOGIA E RECURSOS MINERAIS
DEPARTAMENTO DE GEOLOGIA
SUPERINTENDÊNCIA REGIONAL DE PORTO ALEGRE

Programa Geologia do Brasil

GEOLOGIA E RECURSOS MINERAIS DA FOLHA ACEGUÁ – SH.21-Z-D-VI

ESCALA 1:100.000

ESTADO DO RIO GRANDE DO SUL

Carla Klein
Carlos Moacyr da Fontoura Iglesias
Eduardo Camozzato



PORTO ALEGRE
2018

CPRM - SUPERINTENDÊNCIA REGIONAL DE PORTO ALEGRE
RUA BANCO DA PROVÍNCIA 105 – SANTA TEREZA
RIO GRANDE DO SUL – RS – 90840-030
FAX: (51) 3233-7773
TEL: (51) 3476-7300
HTTP://WWW.CPRM.GOV.BR

K64

KLEIN, Carla

Geologia e Recursos Minerais da Folha Aceguá – SH.21-Z-D-VI, Estado do Rio Grande do Sul, escala 1:100.000 / Carla Klein, Carlos Moacyr da Fontoura Iglesias; Eduardo Camozzato. --Porto Alegre: CPRM , 2018.

63 p.: il. color.

Programa Geologia do Brasil.

ISBN: 978-85-7499-382-9

1. Geologia Regional; 2. Mapeamento Geológico; 3. Prospecção Mineral; 4. Rio Grande do Sul. I. Título II. KLEIN, Carla, III. IGLESIAS, Carlos Moacyr da Fontoura IV. CAMOZZATO, Eduardo.

CDD 558.165
CDU 55(816.5)

Ficha Catalográfica elaborada pela Bibliotecária Ana Lúcia B. F. Coelho (CRB 10/840)

MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA
SECRETARIA DE GEOLOGIA, MINERAÇÃO E TRANSFORMAÇÃO MINERAL

SERVIÇO GEOLÓGICO DO BRASIL – CPRM

DIRETORIA DE GEOLOGIA E RECURSOS MINERAIS

DEPARTAMENTO DE GEOLOGIA

Programa Geologia do Brasil
GEOLOGIA E RECURSOS MINERAIS
DA FOLHA ACEGUÁ

MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA

Wellington Moreira Franco

Ministro de Estado

SECRETARIA DE GEOLOGIA, MINERAÇÃO E TRANSFORMAÇÃO MINERAL

Vicente Humberto Lôbo Cruz

Secretário

SERVIÇO GEOLÓGICO DO BRASIL - CPRM

Esteves Pedro Colnago

Diretor-Presidente

José Leonardo Silva Andriotti (interino)

Diretor de Geologia e Recursos Minerais

Antônio Carlos Bacelar Nunes

Diretor de Hidrologia e Gestão Territorial

Fernando Carvalho (interino)

Diretor de Relações Institucionais e Desenvolvimento

Juliano de Souza Oliveira (Interino)

Diretor de Administração e Finanças

Lúcia Travassos da Rosa Costa

Chefe do Departamento de Geologia

Marcelo Esteves Almeida

Chefe do Departamento de Recursos Minerais

Edilton José dos Santos

Chefe da Divisão de Geologia Básica

Hiran Silva Dias

Chefe da Divisão de Geoprocessamento

Fábio Silva da Costa

Chefe da Divisão de Cartografia

Denise Pimentel de Assis

Chefe da Divisão de Marketing e Divulgação

SUPERINTENDÊNCIA REGIONAL DE PORTO ALEGRE

Ana Cláudia Viero (interina)

Superintendente

Lucy Takehara Chemale

Gerência de Geologia e Recursos Minerais

Ana Cláudia Viero

Gerência de Relações Institucionais e Desenvolvimento

Diogo Rodrigues Andrade da Silva

Gerência de Hidrologia e Gestão Territorial

Leandro Borowski dos Santos (interino)

Gerência de Administração e Finanças

MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA
SECRETARIA DE GEOLOGIA, MINERAÇÃO E TRANSFORMAÇÃO MINERAL
SERVIÇO GEOLÓGICO DO BRASIL – CPRM

DIRETORIA DE GEOLOGIA E RECURSOS MINERAIS
DEPARTAMENTO DE GEOLOGIA
SUPERINTENDÊNCIA REGIONAL DE PORTO ALEGRE

CRÉDITOS AUTORAIS

Carla Klein
Carlos Moacyr da Fontoura Iglesias
Eduardo Camozzato

CRÉDITOS DE AUTORIA DA NOTA EXPLICATIVA

1. INTRODUÇÃO

Eduardo Camozzato
Carla Klein
Carlos M. da F. Iglesias

2. CONTEXTO GEOLÓGICO, TECTÔNICO E GEOFÍSICO REGIONAL

Eduardo Camozzato
Carlos M. da F. Iglesias

3. ESTRATIGRAFIA

Carla Klein
Edio-Ernst Kischlat
Carlos M. da F. Iglesias
Eduardo Camozzato
Andréa Beltrão Finamor
Andrea Sander

4. ASPECTOS ESTRUTURAIS

Eduardo Camozzato
Carlos M. da F. Iglesias

5. RECURSOS MINERAIS

Eduardo Camozzato
Carlos M. da F. Iglesias

6. GEOQUÍMICA PROSPECTIVA

José Leonardo Silva Andriotti
João Henrique Wustrow Castro
Carlos M. da F. Iglesias

7. CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

Eduardo Camozzato
Carlos M. da F. Iglesias
Carla Klein

8. REFERÊNCIAS

Ana Lúcia Borges Fortes Coelho
(Organização e Formatação)

CRÉDITOS DE AUTORIA DO MAPA GEOLÓGICO

Carla Klein
Carlos M. da F. Iglesias
Eduardo Camozzato

COORDENAÇÃO TÉCNICA REGIONAL

João Angelo Toniolo
Carlos Moacyr da F. Iglesias

COLABORAÇÃO TÉCNICA

Jorge Henrique Laux

REVISÃO FINAL

Edilton José dos Santos – DIGEOB

PROJETO GRÁFICO (DIAGRAMAÇÃO) – GERIDE-PA

Alessandra Luiza Rahel
Raquel Barros Binotto (supervisão)

PROJETO GRÁFICO (PADRÃO CAPA/EMBALAGEM – DERID/DIMARK)

Washington José Ferreira Santos

APRESENTAÇÃO

O Programa Geologia do Brasil (PGB), desenvolvido pela CPRM – Serviço Geológico do Brasil é responsável pela retomada em larga escala dos levantamentos geológicos básicos do país. Este programa tem por objetivo fornecer subsídios para novos investimentos em pesquisa mineral e para a criação de novos empreendimentos mineiros. Além disso, os dados obtidos no âmbito desse programa podem ser utilizados em ações de gestão territorial e de recursos hídricos, dentre outras aplicações de interesse social.

O mapeamento geológico da Folha Aceguá (SH.21-Z-D-VI) na escala 1:100.000 teve como finalidade obter subsídios que contribuíssem para o entendimento da geologia e estratigrafia da porção sul da Bacia do Paraná.

As informações contidas neste levantamento atualizam dados sobre os depósitos sedimentares da Bacia do Paraná, na região mais extrema do Rio Grande do Sul, com citação de novos locais paleontológicos.

A presente Nota Explicativa acompanha o mapa geológico da Folha Aceguá (SH.21-Z-D-VI), que foi disponibilizado em 2014, em ambiente SIG. O projeto foi executado pela Superintendência Regional de Porto Alegre, e pode ser acessado a partir do banco de dados GEOSGB da CPRM (geosgb.cprm.gov.br).

ESTEVES PEDRO COLNAGO
DIRETOR-PRESIDENTE

JOSÉ LEONARDO SILVA ANDRIOTTI (INTERINO)
DIRETOR DE GEOLOGIA E RECURSOS MINERAIS

RESUMO

Este documento, integrante do Programa Geologia do Brasil - PGB e executado pela Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais - CPRM para o Ministério de Minas e Energia do Brasil, apresenta os resultados dos levantamentos geológicos e geoquímicos da Folha Aceguá (SH.21-Z-D-VI), situada no extremo sul do Estado do Rio Grande do Sul, na fronteira com a República Oriental do Uruguai, e delimitada pelos paralelos 31°30' e 32°00'S e meridianos de 54°00' e 54°30' WGr.

O mapeamento geológico e os levantamentos geoquímicos (concentrados de bateia e sedimentos ativos de corrente) resultaram na produção do Mapa Geológico da área com densidade de informações compatível com a escala 1:100.000.

Na área estudada foram reconhecidos os seguintes domínios geológicos:

- 1) Intrusivas ácidas do Neoproterozoico (Granito Aceguá e Riolito Arroio da Mina).
- 2) Coberturas sedimentares paleozoicas/mesozoicas da Bacia do Paraná.
- 3) Diques básicos cretácicos relacionados com o Grupo Serra Geral.
- 4) Coberturas sedimentares do Cenozoico.

A prospecção geoquímica regional, através da amostragem de sedimentos ativos de corrente e concentrados de bateia, revelou a presença muito limitada de zonas anômalas ou destaques mineralógicos significativos para recursos minerais metálicos.

ABSTRACT

This report is part of the Brazilian Geology Program (PGB) that Geological Survey of Brazil (Companhia de Pesquisas de Recursos Minerais - CPRM) is carrying out for the Ministry of Mines and Energy of Brazil and it presents the geological and geochemical survey of the Aceguá sheet (SH.21-Z-D-VI), in the southernmost portion of the Rio Grande do Sul State, southernmost Brazil, on the border with the Republic of Uruguay, and delimited by the 31°30' and 32°00'S parallels and 54°00' and 54°30' WGr meridians.

The geological and geochemical (pan concentrates and stream sediments) surveys produced operational thematic maps that were integrated to compound the final Geologic Map, in the 1:100.000 scale.

Four geological domains have been identified:

- 1) Neoproterozoic acid intrusive units: Aceguá Granite and Arroio da Mina Rhyolite.
- 2) Paleozoic/mezosoic sedimentary covers of the Paraná Basin.
- 3) Cretaceous dykes of the Serra Geral Group.
- 4) Cenozoic sedimentary covers.

The regional geochemical exploration by stream sediments and pan-concentrates showed a very limited presence of anomalous zones or significant mineralogical highlights for metallic minerals.

SUMÁRIO

1 – INTRODUÇÃO	11
1.1. APRESENTAÇÃO	11
1.2. LOCALIZAÇÃO E ACESSO	11
1.3. ASPECTOS SOCIOECONÔMICOS	12
1.4. ASPECTOS FISIAGRÁFICOS	13
1.4.1. Introdução.....	13
1.4.2. Clima	13
1.4.3. Hidrografia	14
1.4.4. Geomorfologia	14
1.4.5. Solos.....	14
1.4.6. Vegetação	14
1.4.7. Meio Ambiente.....	15
1.5. EQUIPE EXECUTORA E MÉTODOS.....	15
2 – CONTEXTO GEOLÓGICO REGIONAL	16
2.1. ARCABOUÇO GEOLÓGICO E TECTÔNICO	16
2.2. ARCABOUÇO GEOFÍSICO	18
3 – ESTRATIGRAFIA	21
3.1. DOMÍNIOS GEOLÓGICOS, TECTÔNICOS E LITOESTRATIGRAFIA.....	21
3.2. INTRUSIVAS ÁCIDAS	22
3.2.1. Granito Aceguá (NP3γac).....	22
3.2.2. Riolito Arroio da Mina (NP3αam).....	25
3.3. BACIA DO PARANÁ.....	25
3.3.1. Introdução.....	25
3.3.2. Grupo Guatá	25
3.3.2.1. Formação Rio Bonito - P1rb	26
3.3.2.2. Formação Palermo - P1p	28
3.3.3. Grupo Passa Dois	28
3.3.3.1. Formação Irati - P2i	29
3.3.3.2. Formação Serra Alta - P23sa	29
3.3.3.3. Formação Teresina - P3t	30
3.3.3.4. Formação Rio do Rasto - P3T1rr	30
3.3.4. Aspectos Paleontológicos.....	31
3.3.4.1. Introdução.....	31
3.3.4.2. Registros Fósseis na Folha Aceguá.....	32
3.3.4.3. Riacho dos Mesossauros	33
3.3.4.3.1. Identificação do Material	33
3.3.4.3.2. Sistemática Paleontológica.....	35
3.4. DEPÓSITOS ALUVIONARES.....	35
4 – ASPECTOS ESTRUTURAIS	36

5 – RECURSOS MINERAIS.....	37
5.1. PANORAMA MINERAL DA ÁREA	37
5.2. MINERAIS NÃO-METÁLICOS	37
5.2.1. Bentonita	37
5.2.2. Materiais de Uso na Construção.....	38
5.3. MINERAIS ENERGÉTICOS (CARVÃO MINERAL).....	38
6 – GEOQUÍMICA PROSPECTIVA.....	40
6.1. GEOQUÍMICA DE SEDIMENTOS DE CORRENTE	40
6.1.1. Introdução.....	40
6.1.2. Metodologia	41
6.1.2.1. Metodologia de Campo.....	41
6.1.2.2. Metodologia Analítica e Tratamento estatístico dos Dados.....	42
6.1.3. Descrição do comportamento individual dos elementos químicos	42
6.1.4. Tratamento dos Dados e Resultados Obtidos.....	51
6.1.4.1. Correlações Lineares	51
6.1.4.2. Estatística Multivariada	51
6.1.4.3. Análise de Componentes Principais	51
6.1.4.4. Análise de Agrupamentos	52
6.2. CONCENTRADOS DE BATEIA.....	54
6.2.1. Introdução.....	54
6.2.2. Metodologia de Coleta de Amostras no Campo	54
6.2.3. Preparação das Amostras no Laboratório.....	55
6.2.4. Análise dos Concentrados	55
6.2.5. Interpretação da Mineralogia dos Concentrados de Bateia.....	55
6.2.5.1. Minerais e Elementos Identificados	55
6.2.5.2. Domínios Litológicos e Minerais Pesados Associados.....	58
7 – CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES	59
8 – REFERÊNCIAS	60

PROJETO GEOLOGIA E RECURSOS MINERAIS DA FOLHA ACEGUÁ

ESTADO DO RIO GRANDE DO SUL

1 – INTRODUÇÃO

1.1. APRESENTAÇÃO

A presente nota explicativa, integrante do Programa Geologia do Brasil – PGB do Serviço Geológico do Brasil – CPRM, constitui parcela dos resultados do mapeamento geológico e prospecção geoquímica de um conjunto de quatro folhas, na escala 1:100.000, na porção centro-sul do estado do Rio Grande do Sul, em área de fronteira com a República Oriental do Uruguai.

A seleção das folhas Aceguá (SH.21-Z-D-VI; esta Nota Explicativa), Bagé (SH.21-Z-D-III), Passo São Diogo (também Passo do Diogo ou Pedras Altas, SH.22-Y-C-IV) e Curral de Pedras (SI.22-V-A-I) foi fundamentada no reduzido conhecimento geológico, em boa parte limitado a levantamentos regionais, e nos recursos minerais reais e potenciais da região: a) metais-base e preciosos e ETR em granitoides tardi e pós-colisionais; b) mármore nas unidades metamórficas ou como megaxenólitos nos granitoides; e c) carvões betuminosos, folhelhos oleígenos, dolomitos e argilas cerâmicas de alto valor agregado, em rochas sedimentares da Bacia do Paraná.

Incluindo litologias de todos os domínios tectônicos reconhecidos no Escudo Sul-Rio-Grandense, as quatro folhas do bloco de mapeamento abrangem rochas metamórficas paleo e neoproterozoicas; granitoides e vulcanossedimentares neoproterozoicas; rochas sedimentares paleozoicas e mesozoicas; rochas intrusivas básicas mesozoicas; e coberturas recentes.

1.2. LOCALIZAÇÃO E ACESSO

A Folha Aceguá (SH.21-Z-D-VI) localiza-se na porção meridional do Estado do Rio Grande do Sul, na fronteira com a República Oriental do Uruguai, entre as coordenadas 31°30' e 32°00' de latitude Sul e 54°00' e 54°30' de longitude Oeste de Greenwich (Figura 1). Com uma área de 1.538 km² (~58% de uma folha 1:100.000), compreende as seguintes folhas da escala 1:50.000 do Corte Geográfico Internacional: Vila da Lata (SH.21-Z-D-VI-1), Colônia Nova (SH.21-Z-D-VI-2), Arroio São Miguel (SH.21-Z-D-VI-3) e Aceguá (SH.21-Z-D-VI-4). Na área, a maior parte da linha de fronteira com o Uruguai constitui uma fronteira seca, sem obstáculos naturais.

A área é servida pela rodovia BR-153, que se estende na direção N-S pelo centro-leste da folha e liga a localidade de Aceguá com as cercanias de Bagé, numa distância de cerca de 60 km. Essa cidade representa o principal polo econômico e educacional desta porção sul do Estado, de convergência da parcela mais significativa do fluxo comercial da região. A pavimentação asfáltica está também disponível em 12 km da RS-647, via que liga a comunidade da Colônia Nova com a BR-153 (Figura 2 A).

A configuração da malha rodoviária no restante da Folha é característica da zona rural, com estradas municipais e secundárias de trânsito em geral permanente; e vias particulares, para acesso ou interligação de propriedades, de tráfego em geral restrito ao período mais seco. As atividades são dificultadas

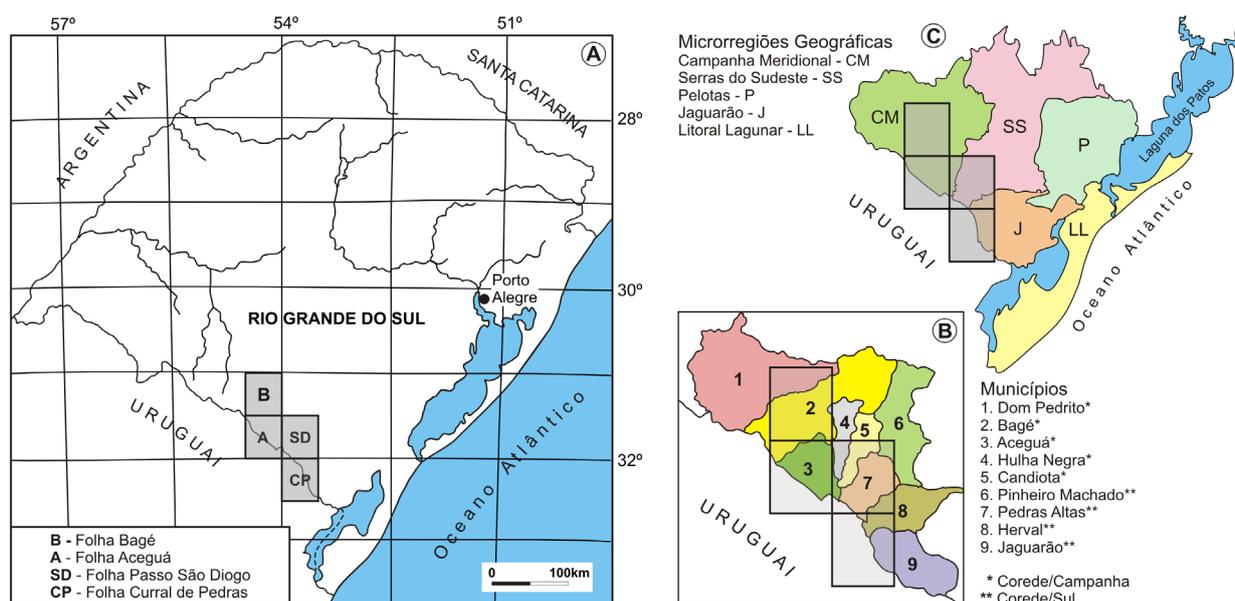


Figura 1 - Localização da Folha Aceguá (SH.21-Z-D-VI): (A) no estado do Rio Grande do Sul, (C) no espaço microrregional e (B) na divisão municipal. As demais folhas do bloco de mapeamento também estão indicadas.

pela existência de algumas grandes propriedades com restrições de acesso, em especial na porção oeste da folha. A circulação pode ser interrompida nos

períodos de chuvas na região do Banhado da Lata, no extremo oeste do corredor internacional que limita o Brasil e o Uruguai.

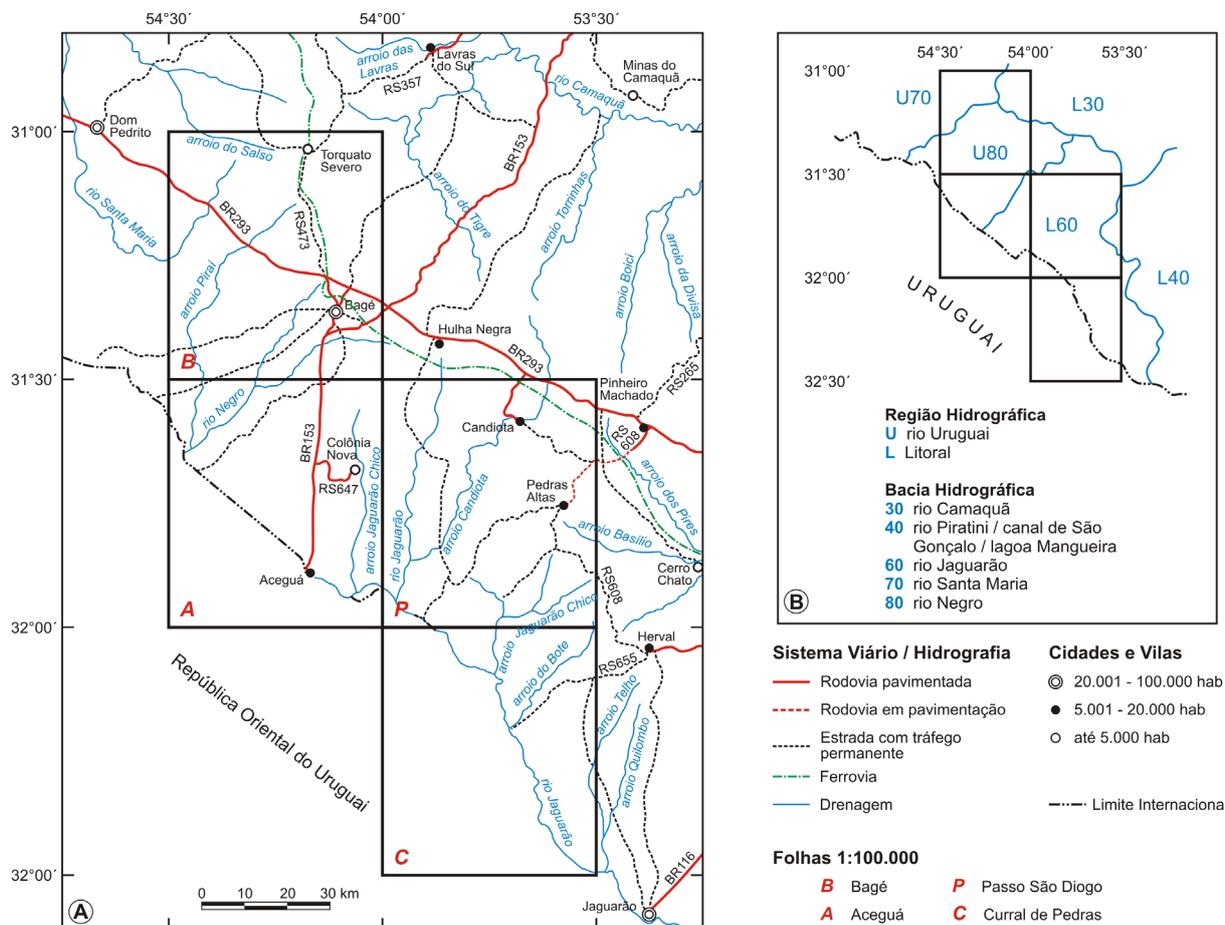


Figura 2 - Rede viária e hidrológica principal (A) e regiões e bacias hidrográficas (B) da porção centro-sul do estado do Rio Grande do Sul. Indicadas a Folha Aceguá e as demais folhas do bloco de mapeamento.

1.3. ASPECTOS SOCIOECONÔMICOS

A Folha Aceguá, posicionada na mesorregião geográfica do Sudoeste Rio-Grandense, microrregião da Campanha Meridional, abrange a quase totalidade do município de Aceguá e, na porção noroeste, pequena parcela do município de Bagé (Figura 1 C). Os únicos centros populacionais significativos são as localidades de Aceguá, sede municipal, e Colônia Nova. No distrito Rio Negro deve ser referida a pequena comunidade quilombola Vila da Lata, instalada 17 km para noroeste da sede municipal, às margens do corredor internacional, e que se caracteriza pela rusticidade das construções, em torrões de barro e telhados de palha (Figura 3A e C).

A sede do município se divide da cidade gêmea uruguaia Aceguá, pertencente ao Departamento de Cerro Largo daquele país, pela Avenida Internacional. A economia na localidade uruguaia é caracterizada pela zona de livre comércio (zona franca) instalada em 2008, orientada para a atração de populações para a compra de produtos importados industrializados (“supérfluos”).

A Colônia Nova, distante cerca de 30 km via rodoviária de Aceguá, resulta de um movimento migratório de colonizadores alemães mennonitas, em 1949, originalmente instalados no estado de Santa Catarina.

Com uma população total de cerca de 4.400 hab (24% na área urbana e 76% na rural), o município de Aceguá tem uma economia baseada na integração lavoura-pecuária, com rotatividade da orizicultura e semeaduras de pastagens para a pecuária bovina de corte e para a produção leiteira, além da ovinocultura de carne e lã. A produtividade leiteira do município (11,9 litros/cabeça) é maior do que a média estadual. Devem ser ainda referidas as produções de milho, sorgo granífero, laranja e uva.

Destaca o município a criação de cavalos das raças Crioula e Puro Sangue Inglês e de gado Holandês e Jersey. O setor de serviços movimenta 42% da economia, enquanto a indústria representa apenas cerca de 7% do produto do município, com destaque para os engenhos de arroz e as usinas de beneficiamento de leite e laticínios.



Figura 3 - (A) Cidades gêmeas de Aceguá (Brasil) e Acegua (Uruguai), em vista para leste tomada no Corredor de Fronteira (limite seco entre o Brasil e o Uruguai; Brasil à esquerda); (B) Marco da fronteira seca (veículo no lado uruguaio); (C) Comunidade quilombola da Vila da Lata; e D) Paisagem em coxilhas, típica da região, em rochas sedimentares da Bacia do Paraná. No horizonte à esquerda, em vista para sul, granitoides do alto de Aceguá.

1.4. ASPECTOS FISIAGRÁFICOS

1.4.1. Introdução

A área de mapeamento está inserida no Bioma Pampa, também conhecido como Campos do Sul, Campos Sulinos ou Campanha Gaúcha, que na maior parte se caracteriza pelo relevo de planícies. No Brasil este bioma está presente apenas no estado do Rio Grande do Sul, onde ocupa 63% do território, mas é compartilhado com parte da Argentina e com o Uruguai, onde ocupa praticamente todo o território.

O bioma constitui uma das áreas de campos temperados mais importantes do planeta, formado por um mosaico de áreas campestres; matas aluviais, de galeria e capões de mata nativa; areais; banhados (áreas alagadiças); cerros-testemunhos, serras e áreas rochosas; áreas de recarga ou de descarga de aquíferos subterrâneos; entre outras particularidades resultantes da combinação do substrato geológico e do clima regional.

1.4.2. Clima

A área focalizada, conforme Moreno (1961) e Kuinchtner e Buriol (2001), se enquadra no tipo climático Cfa da classificação de Köppen, temperado subtropical úmido com verão quente ($>22^{\circ}\text{C}$). Os valores de umidade relativa média são de 73% no verão e 83% no inverno, as normais anuais de chuvas são superiores a 1350 mm e inferiores a 1650 mm e ocorre um predomínio das chuvas nos meses de maio, junho e agosto.

Dados para a localidade de Bagé mostram a seguinte distribuição do balanço hídrico: a) deficiência hídrica de (novembro) dezembro-março, que foi superior a 74 mm no mês de janeiro de 2011 e 2012 (associado ao fenômeno climático La Niña); b) reposição em abril e maio; c) excedente de 294 mm distribuídos de junho a outubro; e d) uma retirada em novembro. No verão de 2013 ocorreu um excedente hídrico devido à presença do fenômeno El Niño; nestes casos os volumes excedentes são elevados e favorecem os sistemas agrícolas. Os défices

e excessos obtidos mostraram-se semelhantes em toda a Região da Campanha.

A temperatura média anual gira em torno de 15°C, com médias mínimas e máximas de 12,5°C e 22°C, respectivamente. Os dados registrados nas diversas estações meteorológicas da região indicam variações bastante grandes de temperatura entre o verão e o inverno; nos meses quentes (janeiro e fevereiro) a temperatura pode alcançar 40°C, enquanto nos meses mais frios (junho e julho) desce a -5°C. A insolação anual é de 2.444 horas. A formação de geadas ocorre de abril a outubro, com maior incidência nos meses de junho a agosto. Os ventos predominam de SE, de setembro a abril, e de NE, de maio a agosto.

1.4.3. Hidrografia

Os cursos de água que drenam a porção oeste da Folha Aceguá pertencem à bacia do Rio Negro, da região hidrográfica do Uruguai; enquanto a porção leste é drenada por águas da bacia do Rio Jaguarão, da região hidrográfica do Atlântico (Figura 2 B).

O Rio Negro, com fluxo de NE para SW e nascentes no município de Bagé, nas serras da Santa Tecla e Hulha Negra, se estende até a fronteira e adentra o Uruguai, onde se estabelece como o principal curso d'água e divide aquele país em duas partes aproximadamente iguais. Constituindo uma bacia transfronteiriça e um dos maiores alimentadores do Rio Uruguai, tem na folha Aceguá como principais afluentes pela margem direita os arroios do Luis (divisor natural de fronteira), Piraí e Bocarra; e pela esquerda as sangas Cinco Salsos e do Vime.

Inúmeras áreas alagadiças se relacionam com o sistema fluvial do Rio Negro, entre as quais os banhados dos Martins, dos Gabriéis e da Lata, este último nascente do Arroyo Carpinteria, que se estende para o território uruguaio até alcançar a margem esquerda do Rio Negro, já naquele país. O Arroio São Miguel (Arroyo Lechiguana no Uruguai) é outro representante das drenagens transfronteiriças que marcam a fronteira seca entre o Brasil e o Uruguai em parte da região.

O arroio Jaguarão-Chico, com fluxo de norte para sul, convergindo para sudeste na fronteira com o Uruguai, constitui a principal drenagem do sistema Jaguarão na área. Seus principais afluentes pela margem direita são os arroios da Mina (ou da Divisa; divisor natural de fronteira) e Minuano e as sangas da Areia, Banhado dos Salsinhos e do Verdum. Pela margem esquerda o sistema Jaguarão-Chico é caracterizado por canais de drenagem de pequena extensão.

1.4.4. Geomorfologia

Conforme os critérios de mapeamento geomorfológico do Projeto RadamBrasil (JUSTUS;

MACHADO; FRANCO, 1986), a área estudada enquadra-se na Região Geomorfológica da Depressão Central Gaúcha, na Unidade Geomorfológica Depressão Rio Ibicuí - Rio Negro, com áreas restritas da Unidade Planície Alúvio-Coluvionar.

O relevo do município de Aceguá varia de plano a suave ondulado, o que é característico da região da Campanha. As altitudes no município variam entre cerca de 50 m e 300 m, com declividades pouco acentuadas. A maior parte do município tem altitudes entre 100 m e 200 m (~97% do território) e declividades inferiores a 10% (~97% do território), com as áreas mais elevadas situadas na porção sul do município, próximo à sede. Esta área elevada, denominada *Isla Cristalina de Aceguá* (ou Ilha Cristalina de Aceguá), constitui um alto do embasamento pré-cambriano (na maioria granitoides) circundado por sedimentos gonduânicos da Bacia do Paraná na fronteira com o Uruguai.

A unidade *Depressão Rio Ibicuí - Rio Negro* constitui, conforme Justus, Machado e Franco (1986), uma área baixa de caráter monótono onde os processos erosivos esculpiram, nas rochas sedimentares gonduânicas, colinas alongadas conhecidas como coxilhas. As várzeas representam zonas de aporte de sedimentação recente onde amplas áreas de inundação, por seu relevo plano, são aproveitadas para a agricultura intensiva (Figura 3 D).

1.4.5. Solos

Conforme Medaglia (1973), os solos da Campanha são, em sua maioria, de pouca espessura, entre 40 e 50 cm, raramente atingindo 80 cm; em áreas baixas ocorrem solos mais profundos, com um metro ou mais de espessura. Na maior parte dos campos limpos, próprios para a criação, os subsolos impermeáveis acham-se próximos a superfície, a menos de 30 cm.

Predominam na porção norte da área os solos podzólicos vermelho-amarelos e vermelho-escuros, distróficos e eutróficos; enquanto a porção sul, domínio das rochas sedimentares da Bacia do Paraná, é caracterizada por planossolos vérticos (KER et al., 1986). Localmente, ocorrem planossolos eutróficos, característicos das áreas baixas do modelado fluvial.

Conforme Kämpf (2001), os solos do município de Aceguá apresentam forte tendência à erosão e, portanto, uma aptidão agrícola de regular a restrita, sendo adequados para a pecuária com manejo moderado.

1.4.6. Vegetação

De acordo com o sistema de classificação fitogeográfica adotado pelo Projeto RadamBrasil (TEIXEIRA et al., 1986), a área enquadra-se na totalidade, por suas características fitofisionômico -

ecológicas, na região da Estepe (Campanha Gaúcha) gramíneo-lenhosa, localmente com florestas de galeria, caracterizada por um tapete herbáceo com predomínio de gramíneas, com arbustos e árvores isoladas ou em pequenos capões e podendo conter florestas de galeria ao longo dos cursos de água.

1.4.7. Meio Ambiente

A ação antrópica se faz sentir especialmente pelo excesso de pastejo utilizado em muitas propriedades, com a alta carga animal provocando uma redução gradativa da cobertura vegetal e da diversidade da vegetação. A redução ou eliminação de espécies de bom valor nutritivo acarreta a substituição por outras de menor valor ou invasoras, bem como a degradação do solo, a redução da capacidade de infiltração da água e o aumento do escoamento superficial, com conseqüente erosão. O cultivo da soja, ainda que considerado inadequado para a região e cuja introdução é mais recente, vem alterando a paisagem de modo significativo, em especial pela supressão dos campos nativos.

1.5. EQUIPE EXECUTORA E MÉTODOS

A presente Nota Explicativa foi organizada por Carla Klein, Carlos Moacyr da Fontoura Iglesias e Eduardo Camozzato; as autorias da redação das partes do texto constam em folha de créditos específica.

A autoria do Mapa Geológico é de Carla Klein, Carlos Moacyr da Fontoura Iglesias e Eduardo Camozzato, da CPRM/Porto Alegre. A cartografia digital / SIG e a editoração gráfica do mapa foram executadas por Carlos Moacyr da Fontoura Iglesias e Eduardo Camozzato.

A coordenação regional foi exercida pelo geólogo João Angelo Toniolo, da Gerência de Recursos Minerais - GEREMI/PA da Superintendência Regional de Porto Alegre – SUREG/PA da CPRM, sob a supervisão nacional de Reginaldo Alves dos Santos

(Departamento de Geologia - DEGEO) e de Edilton dos Santos (Divisão de Geologia Básica - DIGEOB), ambas vinculadas a Diretoria de Geologia e Recursos Minerais – DGM.

Os levantamentos geológicos em campo contaram com a participação de Carla Klein, Carlos Moacyr da Fontoura Iglesias e Eduardo Camozzato, com a colaboração de Jorge Henrique Laux. Os estudos paleontológicos estiveram a cargo de Edio Ernst Kischlat. O apoio geofísico foi de Luis Gustavo Rodrigues Pinto e William Ribeiro Lopes.

A amostragem por concentrados de bateia e sedimentos ativos de corrente foi executada pelos técnicos Eraldo Guidugli Machado, Edgar dos Santos Dias e José Darvil Zanetti Filho, com apoio parcial de Luis Alberto Costa e Silva. A identificação mineralógica dos concentrados de bateia foi executada por João Henrique Wustrow Castro. As análises químicas dos sedimentos ativos de corrente foram realizadas nos laboratórios da ACME (*Bureau Veritas Minerals Laboratories* - BVML); as de amostras de rochas nos da ACME e da SGS GEOSOL.

As descrições petrográficas, em diferentes proporções nas folhas mapeadas, estiveram a cargo de Andrea Sander, Andrea Beltrão Finamor, Carla Klein, Carlos Moacyr da Fontoura Iglesias, Eduardo Camozzato e Margarete Wagner Simas, com a colaboração de Ruy Paulo Philipp (IG/UFRGS). As lâminas delgadas foram elaboradas por Adriano Xavier Baz Pereira e Rodrigo Peixoto Malikovski, nos laboratórios de preparação de amostras da CPRM/Porto Alegre.

Os acadêmicos de geologia Matheus S. Simões, Guilherme B. Tambara e João Pacífico S. L. Machado (Curso de Geologia, IG/UFRGS); André Luis de Andrade Rodrigues e Marlise Colling (Curso de Geologia, UNISINOS); e Gabriel Flores Zamora (Curso de Geografia, IG/UFRGS); colaboraram como estagiários em diferentes fases e atividades do projeto. Os dois primeiros participaram também dos levantamentos em campo das áreas do embasamento cristalino.

2 – CONTEXTO GEOLÓGICO REGIONAL

2.1. ARCABOUÇO GEOLÓGICO E TECTÔNICO

A Folha Aceguá, localizada na porção centrosul do Estado do Rio Grande do Sul, na fronteira com a República Oriental do Uruguai, insere-se na Província Paraná de Almeida et al. (1977) (Figura 4), com as rochas da Bacia do Paraná ocupando a maior parte da folha. As litologias relacionadas à Província Mantiqueira de Almeida et al. (1977, 1981) estão expostas em três regiões, das quais apenas uma com área significativa (31km²), na região morfológicamente elevada do Alto de Aceguá, sustentada por litologias graníticas neoproterozoicas. As outras duas áreas não ultrapassam 2km².

As unidades neoproterozoicas do Cinturão Dom Feliciano (FRAGOSO-CESAR, 1980) no Rio Grande do Sul, segmento meridional da Província Mantiqueira (ALMEIDA et al., 1981), e os fragmentos paleocontinentais associados neoarqueanos e paleoproterozoicos com diferentes graus de re-trabalhamento no Brasileiro, constituem o Escudo Sul-Rio-Grandense.

O Escudo Sul-Rio-Grandense, que compreende rochas metamórficas, ígneas e sedimentares, com idades, origem e evolução diversas, caracteriza-se por uma compartimentação em blocos limitados por grandes falhamentos regionais de direção NE-SW e

NW-SE, cuja colagem orogênica foi concluída ao final do Ciclo Brasileiro, na passagem do Neoproterozoico para o Eopaleozoico.

Com base nos dados aerogeofísicos, a maior parte da Folha Aceguá está inserida no Terreno Taquarembó, ainda que somente pequena parcela das litologias deste domínio tectono-geológico esteja exposto, entre as rochas sedimentares da Bacia do Paraná (Figura 5).

O Terreno Taquarembó, localizado na porção sudoeste do Escudo Sul-Rio-Grandense, é limitado ao norte pelo Lineamento Ibaré (ou Sistema de Falhas Ibaré – Tigre, de Camozzato, Lopes e Philipp, 2015) e ao leste pela Anomalia Magnética de Caçapava (também Sutura de Caçapava, de Costa et al., 1995 ou de Fernandes et al., 1995a,b; neste texto, Sistema de Falhas Irapuá - Passo dos Enforcados, de Camozzato, Lopes e Philipp, 2015); ao oeste e ao sul é recoberto pelas rochas da Bacia do Paraná. O principal subdomínio deste terreno é o Complexo Granulítico Santa Maria Chico de Nardi e Hartmann (1979), composto por rochas infracrustais, com predomínio de granulitos félsicos (gnaisses trondhjemiticos) e máficos (gt-cpx-plag gnaisses), além de metapiroxenitos, metaultramafitos e metassedimentares (gt-bt-silimanita gnaisses, mármores, quartzitos e gnaisses calcissilicáticos). As suítes Santo Afonso, Aceguá, Cerro Preto e Saibro e o Granito Dom Pedrito ocupam áreas significativas do Terreno Taquarembó. Idades SHRIMP em zircões definem a idade dos protólitos do complexo granulítico como paleoproterozoica (2.366±8 Ma e 2.489±6 Ma; U-Pb SHRIMP, (HARTMANN et al., 2008), com metamorfismo entre 2,2–2,0 Ga (HARTMANN, 1998; HARTMANN et al., 1999, 2000).

Conforme Oyhantçabal, Siegesmund e Wemmer (2011), o embasamento granulítico do Terreno Taquarembó pode ser considerado uma extensão do Complexo Granulítico Valentines–Rivera, do Terreno Nico Pérez (Uruguai). Estes autores apresentam uma redefinição dos limites do Cráton Rio de La Plata, o qual seria constituído pelo Terreno Piedras Altas (oeste do território uruguaio), caracterizado por um evento de acreção crustal com idades modelo Sm-Nd (TDM) entre 2,8 e 2,3 Ga, e o Cinturão Tandilia (Argentina). A margem leste-nordeste da área cratônica seria caracterizada pela Zona de Cisalhamento Sarandí del Yí. Rapela et al. (2011) também modifica os limites da área cratônica, excluindo os terrenos Taquarembó (Brasil) anteriormente incluídos (e.g., RAPELA et al. 2007), bem como a região de Sierra de La Ventana, tida como pertencente ao Cráton Rio de La Plata por Oyhantçabal, Siegesmund e Wemmer (2011).

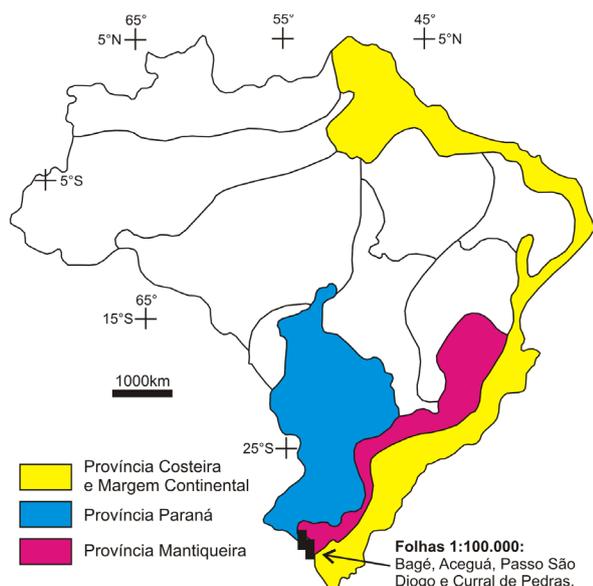


Figura 4 - Províncias tectônicas do Brasil, conforme Almeida et al. (1977); foram enfatizadas as províncias de interesse para a região. Indicadas as folhas do bloco de mapeamento.

Cabe referir que a localização do limite leste-nordeste do Cráton Rio de La Plata na Falha Sarandi Del Yi; bem como a exclusão dos terrenos Taquarembó (Brasil) e Nico Perez (Uruguai) da área cratônica Rio de La Plata, já havia sido sustentada por Hallinan et al. (1993) com base em dados gravimétricos e magnetométricos.

Laux et al. (2010) apresentam uma idade U-Pb esteriana (1.764 ± 33 Ma) para o Complexo Cerro Batovi, unidade metavulcanossedimentar localizada na porção sul do extremo noroeste do Lineamento Ibaré e detalhada por Schmitt (1996) e Laux et al. (2012). Esse complexo era anteriormente vinculado à crosta juvenil do Terreno São Gabriel, ainda que os dados geofísicos já indicassem (ORLANDI F^o et al., 1995; COSTA et al., 1995; COSTA, 1997) estas litologias como parte do Terreno Taquarembó. Dados prévios (de proveniência) do mesmo intervalo de idade foram obtidos por Hartmann, Santos e McNaughton, (2008) em zircões detríticos de rochas sedimentares da Formação Guaritas, situadas na porção superior da Bacia Camaquã.

A Bacia do Paraná, que constitui uma bacia do tipo Depressão Marginal, passando a Depressão Interior devido à obstrução da margem aberta (tipo MSIS, de Kingston, Dishroom e Williams, 1983), é composta por quatro ciclos de subsidência, correspondentes às supersequências Rio Ivaí, Paraná, Gondwana I e Gondwana II de Milani (1997), das quais a Gondwana I está exposta nas áreas de levantamentos. A fase rifte corresponde à Supersequência Rio Ivaí (TEIXEIRA, 2001) e a fase sinéclise às demais supersequências.

A Supersequência Gondwana I (Carbonífero–Eotriássico) compreende as diversas unidades componentes dos Grupos Itararé, Guatá e Passa Dois. De acordo com a interpretação de Milani (1997), a supersequência compreende uma parte basal transgressiva, correspondente aos grupos Itararé e Guatá. O primeiro, composto pelas formações Lagoa Azul, Campo Mourão, Taciba (aflorante no RS) e Aquidauana, é constituído por depósitos sedimentares de origem glácio-marinha. O Grupo Guatá é formado por rochas de ambiente deltaico, marinho e litorâneo da Formação Rio Bonito; e marinhos da Formação Palermo, com a superfície de inundação máxima na sua parte intermediária. A parte superior, regressiva, está registrada nas rochas marinhas e transicionais do Grupo Passa Dois (formações Irati, Serra Alta, Teresina, Corumbataí e Rio do Rasto), registrando, ao seu final, o início da instalação de clima desértico na bacia.

A Supersequência Gondwana II (Triássico Médio a Superior), que encerra a sedimentação da Bacia do Paraná, ocorre apenas no estado do Rio Grande do Sul e no norte da República Oriental do Uruguai. Composta pelas rochas sedimentares do Grupo Rosário do Sul, inclui as formações Sanga do Cabral, Santa Maria, Caturrita e Guará. Caracteriza-se por arenitos e pelitos avermelhados, oriundos de

depósitos fluviais, lacustres e eólicos e possui abundante fauna de répteis e mamíferos (MILANI, 1997).

2.2. ARCABOUÇO GEOFÍSICO

Os modelos de estruturação do Escudo Sul-Rio-Grandense com base na geofísica remontam aos anos 1980 - 1990 (MANTOVANI et al., 1989; PORCHER et al., 1995; ORLANDI F^o et al., 1995; COSTA et al., 1995; FERNANDES et al., 1995a, b; COSTA, 1997; RAMGRAB; WILDNER; CAMOZZATO; 1997; RAMGRAB; WILDNER, 1999), com a confecção manual, por técnicos da CPRM, de mapas aeroradiométricos (contagem total) a partir de perfis rebatidos, e de sua interpretação em conjunto com mapas aeromagnetométricos (campo total) de dados do Projeto Aerogeofísico Camaquã (JACKSON et al., 1973). Estas atividades foram acompanhadas pela aquisição de dados terrestres, com o levantamento de perfis gravimétricos que permitiram a elaboração de Mapa Bouguer Provisório do Escudo Sul-Rio-Grandense, além de magnetométricos e de eletrorresistividade (sondagens elétricas verticais).

A interpretação do Mapa Bouguer evidenciou um quadro de blocos tectônicos onde se destacavam duas grandes faixas de anomalias negativas de direção aproximada NNE, situadas respectivamente nas porções oriental e ocidental do escudo (Figura 6). A primeira (leste), balizada pelas cidades de Herval, Pinheiro Machado, Piratini, entre Encruzilhada do Sul e Dom Feliciano e entre Porto Alegre e Taquari (denominada Sutura de Porto Alegre); e a outra (oeste) pelas localidades de Três Cerros, Torquato Severo, Coronel Linhares e São Gabriel (denominada Sutura de São Gabriel). As duas faixas alcançam largura de 50 km e amplitude gravimétrica máxima de 35mGal; atravessando todo o Escudo Sul-Rio-Grandense e se estendendo para o norte, sob a cobertura da Bacia do Paraná, e para o sul, através do território da República Oriental do Uruguai. A espessura da crosta sob o Escudo, através da fórmula de Grushinsky (1967), foi estimada em 32 km (ORLANDI F^o et al., 1995).

Esta interpretação qualitativa, apoiada em modelamentos efetuados segundo dois perfis transversais, permitiu a delimitação de três distintos domínios (gravimétricos) crustais no Escudo Sul-Rio-Grandense: 1) Oriental (E), 2) Central e 3) Ocidental (W). Para todas as alternativas de modelamento elaboradas nos dois perfis gravimétricos, a sutura do lado oeste apresentava-se nitidamente bem marcada, ao passo que a do setor leste não foi considerada tão característica. A anomalia gravimétrica oeste (Sutura de São Gabriel) foi interpretada como limite do Cráton Rio de La Plata (e.g., FERNANDES et al., 1995b).

Por sua vez, a análise dos dados aeromagnetométricos disponíveis para a porção do Escudo Sul-Rio-Grandense a leste do meridiano 54° também

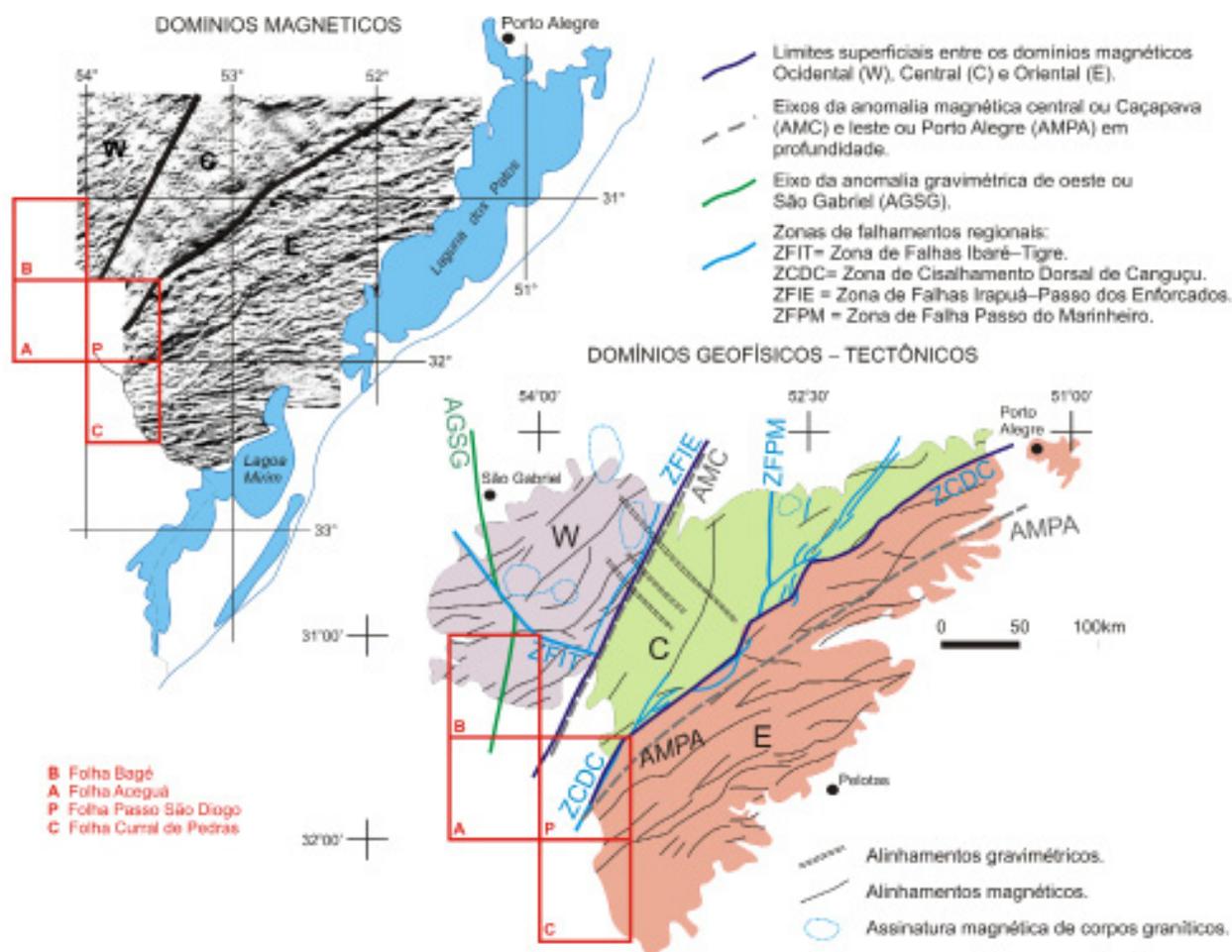


Figura 6 - Domínios geofísicos e tectônicos do Escudo Sul-Rio-Grandense. No mapa de domínios magnéticos, W, C e E identificam os domínios ocidental, central e oriental definidos por Costa et al. 1995; os dados acerca das estruturas regionais foram adaptados e modificados de Jackson et al. (1973), Orlandi F° et al.(1995), Costa et al. (1995), Costa (1997) e Fernandes et al. (1995 a,b). As folhas Bagé, Aceguá, Passo São Diogo e Curral de Pedras estão indicadas em ambos os mapas.

permitiu a identificação de três grandes domínios (magnetométricos) alongados segundo a direção NE-SW. A Sutura de Caçapava, que não coincide com traços-limite da gravimetria embora coincida com estes em direção, corta o Domínio (gravimétrico) Central com orientação N35°E e foi interpretada como o limite leste tanto da crosta juvenil brasileira (neste texto, Terreno São Gabriel; também Associação de Arco Magmático II, de Fernandes et al. 1995a), quanto do Terreno Taquarembó. O denominado Bloco Geofísico Central de Fernandes et al. (1995b) é, portanto, composto pelos domínios aeromagnetométricos central-leste e central-oeste, divididos por uma anomalia magnética que, em superfície, coincide com o aqui denominado Sistema de Falhas Irapuá – Passo dos Enforcados.

O **Domínio Oriental (E)** (magnetométrico), conforme Costa et al. (1995), é caracterizado por um relevo magnético bastante acentuado, evidenciado principalmente pela alta densidade de eixos de anomalias com direções predominantes N70°E e E-W; na maior parte do domínio interceptados por

outros, de orientação N45°E. O limite deste domínio com o Central constitui um sistema de zonas de cisalhamento transcorrente (Dorsal de Canguçu) de natureza intracontinental e tardi-orogênica (vide Fernandes; Koester; Soliani Júnior, 1995) que, conforme Orlandi F° et al. (1995) e Costa et al. (1995), mostra direção N40°-45°E em sua porção sul e inflete para N60°-70°E na sua porção norte. Ainda que a direção N40°-45°E tenha continuidade através do Bloco Central (neste texto, Terreno Tijucas), onde é reconhecida como Zona de Falha (ou sistema) Passo do Marinheiro, não ocorre ajuste desta estrutura com as anomalias magnéticas ou gravimétricas. Em termos de compartimentação, o Domínio Oriental corresponde ao Batólito Pelotas (sensu Fragoso-Cesar et al., 1986; Philipp, Nardi e Bitencourt, 2000; Philipp e Machado, 2005), Complexo Canguçu de Santos et al. (1989), Bloco Dom Feliciano de Ramgrab, Wildner e Camozzato (1997) e, excluídas as rochas da região de Encruzilhada do Sul (que fazem parte do Domínio Central geofísico), a Associação de Arco Magmático I de Fernandes et al. (1995a).

3 – ESTRATIGRAFIA

3.1. DOMÍNIOS GEOLÓGICOS, TECTÔNICOS E LITOESTRATIGRAFIA

A quase totalidade da área enfocada neste trabalho abrange litologias sedimentares da Bacia do Paraná, com uma fração muito reduzida de granitoides neoproterozoicos interpretados como intrusivos em litologias do Terreno Taquarembó com base em dados da aerogeofísica. O mapeamento geológico da Folha Aceguá, cujos dados históricos remetiam exclusivamente a levantamentos regionais (e.g., Tessari; Giffoni, 1970; Ramgrab; Wildner, 1999), permitiu em especial o detalhamento dos limites das unidades litoestratigráficas da Bacia do Paraná, bem como o reconhecimento de importantes registros fósseis nesta bacia.

Na Folha Aceguá foram reconhecidas as seguintes entidades geológicas:

- 1) Granitoides do Neoproterozoico (Granito Aceguá).
- 2) Intrusivas riolíticas neoproterozoicas (Riolito Arroio da Mina).
- 3) Coberturas sedimentares paleozoicas/mezozoicas da Bacia do Paraná.
- 4) Coberturas do Cenozoico (depósitos aluviais).

O embasamento está exposto em três locais, como paleorrelevos positivos em meio às rochas sedimentares da Bacia do Paraná. Na principal área de exposição, no Alto de Aceguá, com cerca de 31 km² no lado brasileiro, e em outros dois com até 2km². No quadro de relações tectono-estratigráficas da Figura 8 são apresentadas as unidades e as relações estratigráficas na Folha Aceguá.

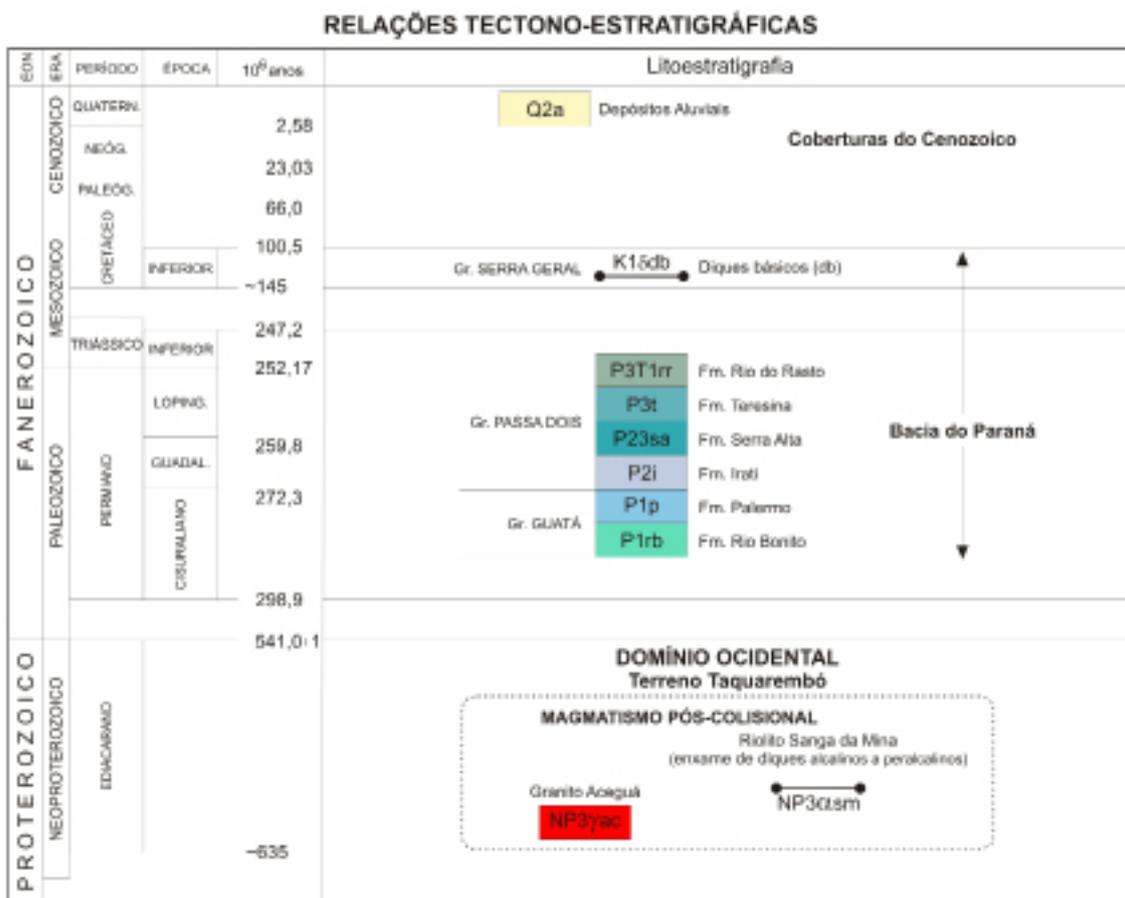


Figura 8 - Relações Tectono-Estratigráficas na Folha Aceguá (SH.21-Z-D-VI).

3.2. INTRUSIVAS ÁCIDAS

Sob esta denominação são descritas as litologias neoproterozoicas do Granito Aceguá e do Riolito Arroio da Mina, denominações introduzidas neste texto explicativo e cuja distribuição na folha é apresentada na Figura 9.

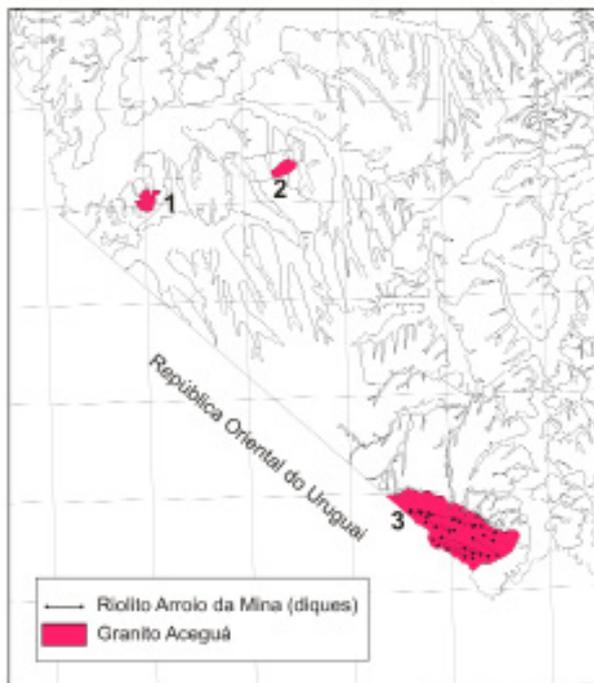


Figura 9 - Localização do Granito Aceguá e do Riolito Arroio da Mina na Folha Aceguá. (1 e 2) "ilhas graníticas" Carpintaria Nova e Estância do Cêrro, respectivamente; e (3) Alto de Aceguá.

3.2.1. Granito Aceguá (NP3γac)

O Granito Aceguá, denominação introduzida nesta pesquisa, é composto predominantemente por monzogranitos e granodioritos com granulação média a grossa, cores cinzentas a alaranjadas, muitas vezes porfiríticas, com pórfiros (<7cm) de K-feldspato com faces retas em matriz média a grossa e tendo a biotita como máfico. Como acessórios ocorrem opacos, granada, zircão, titanita e apatita; mica branca e clorita como minerais secundários.

As áreas de exposição, que constituem usualmente altos em meio às rochas sedimentares da Bacia do Paraná, se caracterizam pelos lajeados de extensões métricas a decamétricas e litologias muito intemperizadas (Figura 10).

Os plagioclásios, euédricos a subédricos, com pequena proporção de cristais anédricos, têm granulação fina a média e contatos retos a irregulares. Neste caso verifica-se deformação na forma de migração dos limites de grão e deformação na forma de maclas polissintéticas, com *kink-bands*, dobramento/

encurvamento dos cristais, fraturamento e extinção ondulante. Por vezes os cristais de plagioclásio tem macla polissintética quase indiscriminada decorrente da deformação da rocha. Diminutos cristais de epidoto estão inclusos nos plagioclásios. O ortoclásio é do tipo pertítico, com granulação média, às vezes grossa, em cristais subédricos a anédricos com contornos irregulares, fraturados e por vezes poiquilíticos, com inclusões de plagioclásio.

O fraturamento é comum, com as fraturas preenchidas por epidoto, óxidos e hidróxidos de ferro e, muitas vezes, também por material micáceo microcristalino com textura cataclástica associada ao processo de epidotização e sericitização.

Uma fábrica magmática discreta é caracterizada pela orientação dimensional dos fenocristais de K-feldspato ou dos agregados de minerais máficos (biotita) e quartzo. Litologias microgranulares máficas ocorrem como níveis de espessura centi a decimétrica, com formas tabulares descontínuas, com menos de 2m de comprimento (diques sin-plutônicos desmembrados?), coloração cinza-escuro, granulação fina a média, compostas por plagioclásio, ortoclásio, microclínio, hornblenda, quartzo, clorita, titanita, epidoto e opacos. Estas litologias dioríticas e quartzo-dioríticas, da mesma forma que as encaixantes graníticas, são usualmente protomiloníticas, com eventos superpostos de redução mecânica de grãos.

Quando deformados, os granitoides apresentam uma fábrica protomilonítica sobre a qual se superpõe a deformação cataclástica. Nestes casos, o quartzo pode ocorrer: 1) como porfiroclastos de granulação média a grossa com extinção ondulante; 2) recristalizado como agregados policristalinos formados por subgrãos com textura granoblástica poligonal, com contatos suturados por migração dos limites de grão; e 3) na matriz fina como cristais cominuídos/fraturados.

Os plagioclásios ocorrem como porfiroclastos ou na matriz cataclástica. Na matriz verifica-se fraturamento e cominuição dos grãos, e nos porfiroclastos verificam-se fraturamento, extinção ondulante, dobramento dos cristais, formação de *kink-bands* e deformação da macla polissintética. O ortoclásio ocorre pertítico, na forma de porfiroclastos com granulação grossa ou como cristais fragmentados e cominuídos na matriz, com granulação média a muito fina. Os porfiroclastos apresentam extinção ondulante e estão bastante fraturados e falhados, com fraturas preenchidas por subgrãos recristalizados de ortoclásio e epidoto.

O epidoto ocorre tanto na matriz como em vênulas. Localmente, como no afloramento CI-1, são abundantes as venulações (<30cm) tabulares, com atitudes irregulares, de leucogranitos finos a médios.

As alterações hidrotermais podem ser significativas na pedreira municipal de Aceguá, às margens da BR-153, com porções decamétricas com carbonatação (Figura 11).

Duas amostras de granitoides foram datadas pelo método U-Pb, sendo obtidas as idades de

598±7,3 Ma e 599±4,1 Ma (Figura 12), semelhantes às dos granitoides da Suíte Cerro Preto, na Folha Bagé.

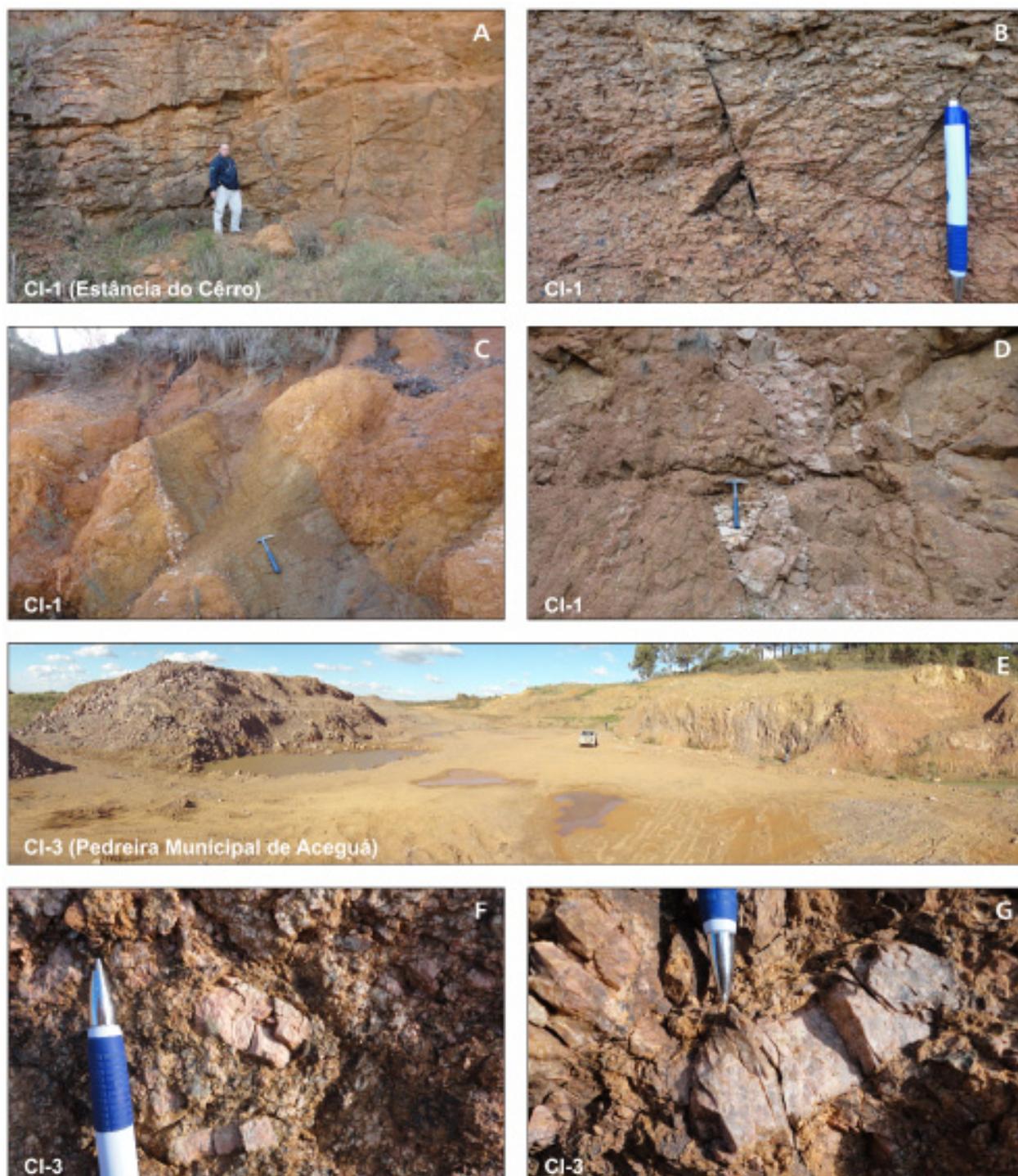


Figura 10 - Granito Aceguá (A, B, C, D) na “ilha granítica” Estância do Cêrro. (afloramento CI-1), com aspecto geral e detalhe (A e B) da intensa cataclase sobre o granito, com cominuição significativa dos grãos. Em (C) dique básico cretácico alterado e em (D) injeção de leucogranito; e (E, F, G) na Pedreira Municipal de Aceguá (afloramento CI-3), no Alto de Aceguá, com detalhes dos megacristais de Kf e da cataclase sobre o granito.

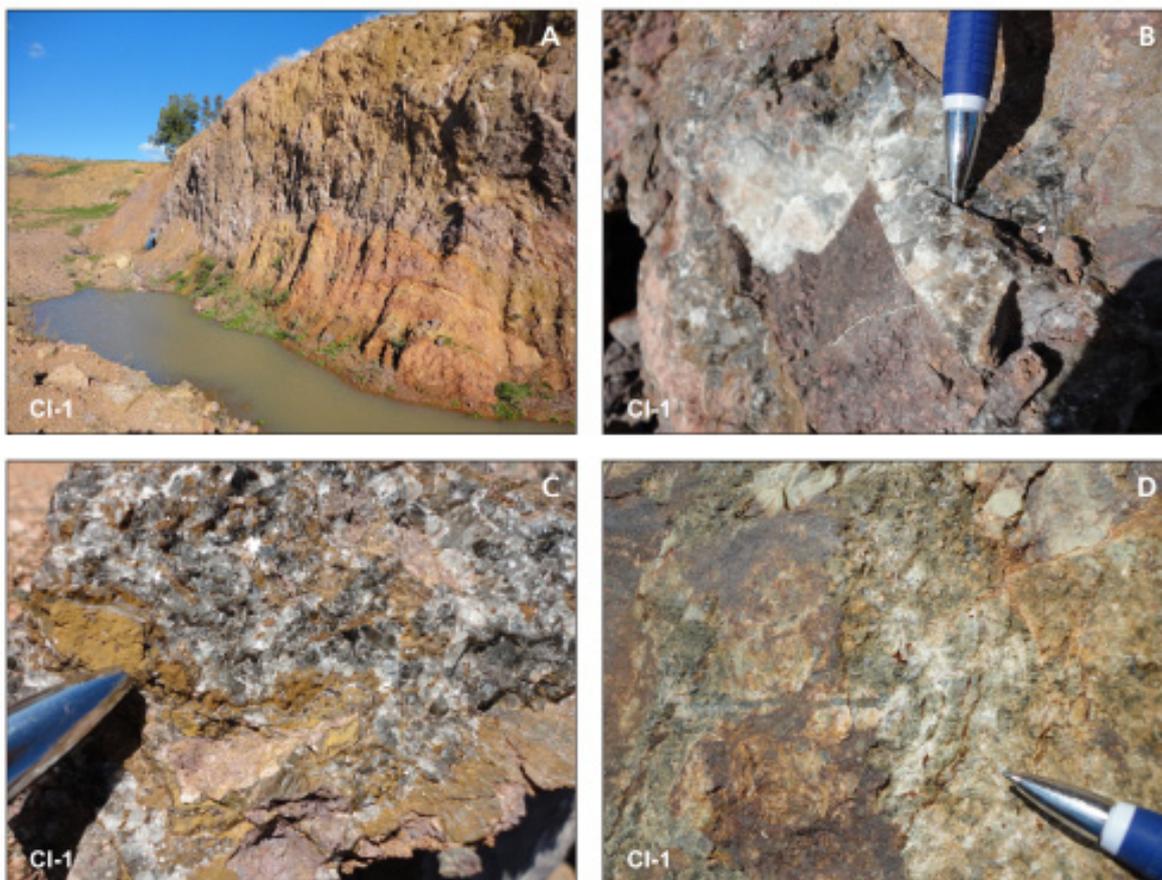


Figura 11 - Feições de alteração hidrotermal no Granito Aceguá na Pedreira Municipal de Aceguá (afloramento CI-3); notar em (A) cataclase intensa de direção WNW-ESSE (a coloração esbranquiçada se deve a carbonatação).

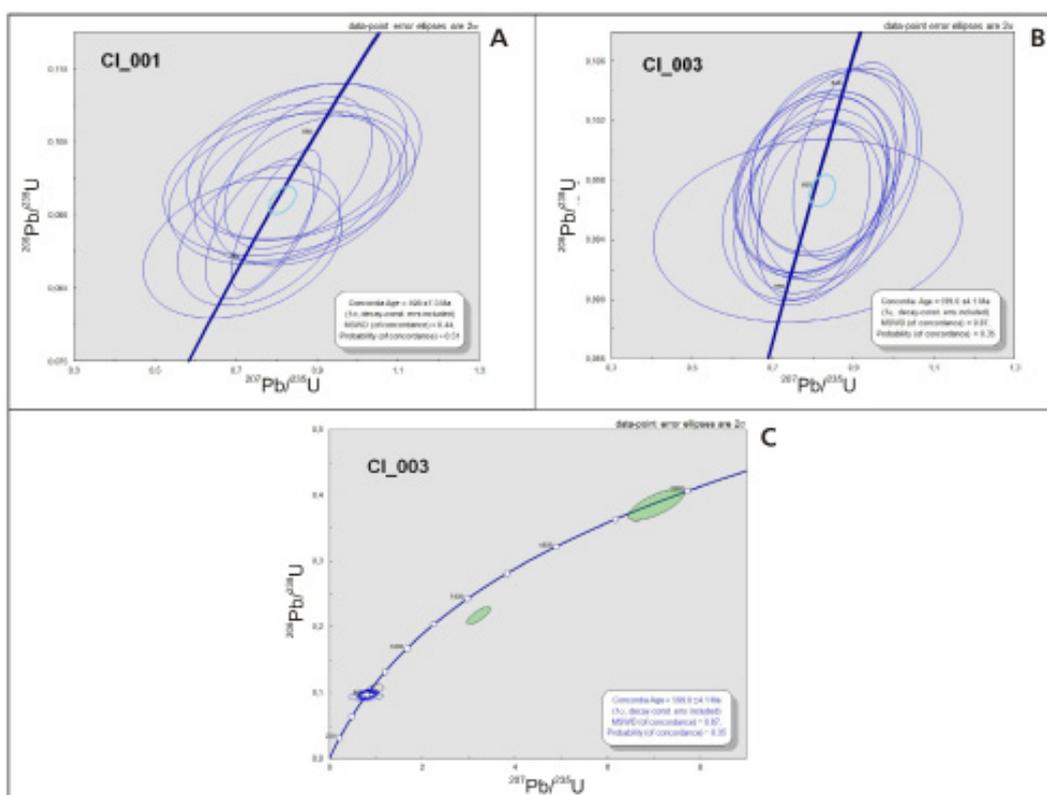


Figura 12 - Resultados de datações U-Pb no Granito Aceguá: (A) amostra CI-1, coletada na “Ilha granítica” Estância do Cêrro; e (B, C) amostra CI-3, coletada na Pedreira Municipal de Aceguá, no alto de Aceguá.

3.2.2. Riolito Arroio da Mina (NP3aam)

Sob a denominação Riolito Arroio da Mina foram agrupados os diques ácidos riolíticos que se destacam nos mapas aerogeofísicos e cortam com alinhamento geral WNW-ESE o Granito Aceguá, constituindo na paisagem cristas com comprimentos quilométricos e larguras usualmente decamétricas (Figura 13).

Os riolitos são róseo-avermelhados a amarronados, porfiríticos, com granulação normalmente fina a média, com fenocristais (<5mm) de quartzo e sanidina em matriz fina a microcristalina, frequentemente glomeroporfirítica, composta por feldspatos, quartzo, anfibólio (riebeckita; indicando uma afinidade alcalina a peralcalina), zircão, opacos e óxidos e hidróxidos de ferro.

São frequentes as feições de embainhamento (corrosão) nos fenocristais, com preenchimento pelos minerais da matriz. A sanidina por vezes ocorre maclada segundo Carlsbad e Baveno, esta última com menor frequência. Ocorrem feições de exsolução nos feldspatos alcalinos.



Figura 13 - Vista panorâmica para nordeste a partir do afloramento CI-12, sobre granitoides do alto de Aceguá. Os relevos positivos são resultantes de diques riolíticos e conformam cristas alinhadas com direção geral WNW-ESE. A área rebaixada no horizonte é ocupada pelas rochas sedimentares da Bacia do Paraná.

3.3. BACIA DO PARANÁ

3.3.1. Introdução

A Bacia do Paraná é considerada uma vasta bacia intracratônica que se desenvolveu sobre crosta continental proterozoica e é preenchida por rochas sedimentares e vulcânicas com idades que se estendem do Ordoviciano até o Cretáceo. Com formato alongado na direção geral N-S, a bacia tem 1.750 km

de comprimento, largura média de 900 km e espessuras máximas em torno de 6.000 m. Ocupando a porção meridional do Brasil (Figura 14 A), cobre uma área de cerca de 1.100.000 km² deste país (MILANI; ZALÁN, 1998; ZALÁN et al. 1987).

A coluna estratigráfica utilizada para a Bacia do Paraná neste trabalho baseou-se na coluna de Milani, França e Schneider; (1994), utilizada pela Petrobras (Figura 14 B). Muitos foram os trabalhos realizados nesta bacia com o objetivo de obter maiores conhecimentos e entendimentos, sejam estes de cunho geral ou específicos.

White (1908) foi o pioneiro no estudo desta bacia, apresentando uma sistematização da sua estratigrafia com estruturação litoestratigráfica que, na sua essência, mantém a estrutura geral nos dias atuais. Foram produzidas algumas dezenas de colunas formais, cujos autores Gordon Jr., 1947; Northfleet, Medeiros e Muhlmann, 1969; Daemon e Quadros, 1970; Schneider et al., 1974; Fúlfaro, Gama Jr. e Soares, 1980; Gama Jr., Bandeira Jr. e França, 1982; Zalán et al., 1986; entre outros, contribuíram para o entendimento da sucessão estratigráfica, seguindo uma evolução desde os preceitos litoestratigráficos até a estratigrafia de sequências.

A evolução da Bacia do Paraná iniciou ao final do Ciclo Brasileiro, em condições tardia pós-orogênicas, sobre a considerada recém-estabilizada Plataforma Sul-Americana. O registro sedimentar-magmático na Bacia do Paraná apresenta quebras marcantes, atribuídas por Zalán et al. (1986, 1990) ao reflexo intracratônico de eventos orogênicos paleozoicos e da tafrogenia mesozoica do Atlântico Sul (MILANI; FRANÇA; SCHNEIDER, 1994).

Conforme esses últimos autores, este registro constitui-se de seis Supersequências que estão limitadas por expressivas discordâncias regionais que são identificadas da base para o topo: Rio Ivai (Ordoviciano-Siluriano), Paraná (Devoniano), Gondwana I (Carbonífera-Eotriássica), Gondwana II (Neotriássica), Gondwana III (Jurássica-Eocretácea) e Bauru (Neocretácea) (MILANI; FRANÇA; SCHNEIDER, 1994; MILANI, 1997; MILANI et al., 2007).

As unidades mapeadas na Folha Aceguá pertencem à Sequência Gondwana I, sendo compostas por duas unidades na categoria de Grupo e que contêm as seguintes formações: Rio Bonito e Palermo (do Grupo Guatá) e Irati, Serra Alta, Teresina e Rio do Rasto (do Grupo Passa Dois). A distribuição destas unidades na área é apresentada na Figura 15.

3.3.2. Grupo Guatá

O termo Grupo Guatá (parte da Supersequência Gondwana I) foi introduzido por Oliveira (1916), sendo constituído pelas formações Rio Bonito e Palermo.

O nome Rio Bonito foi utilizado primeiramente por White (1908) para designar os "Schistos

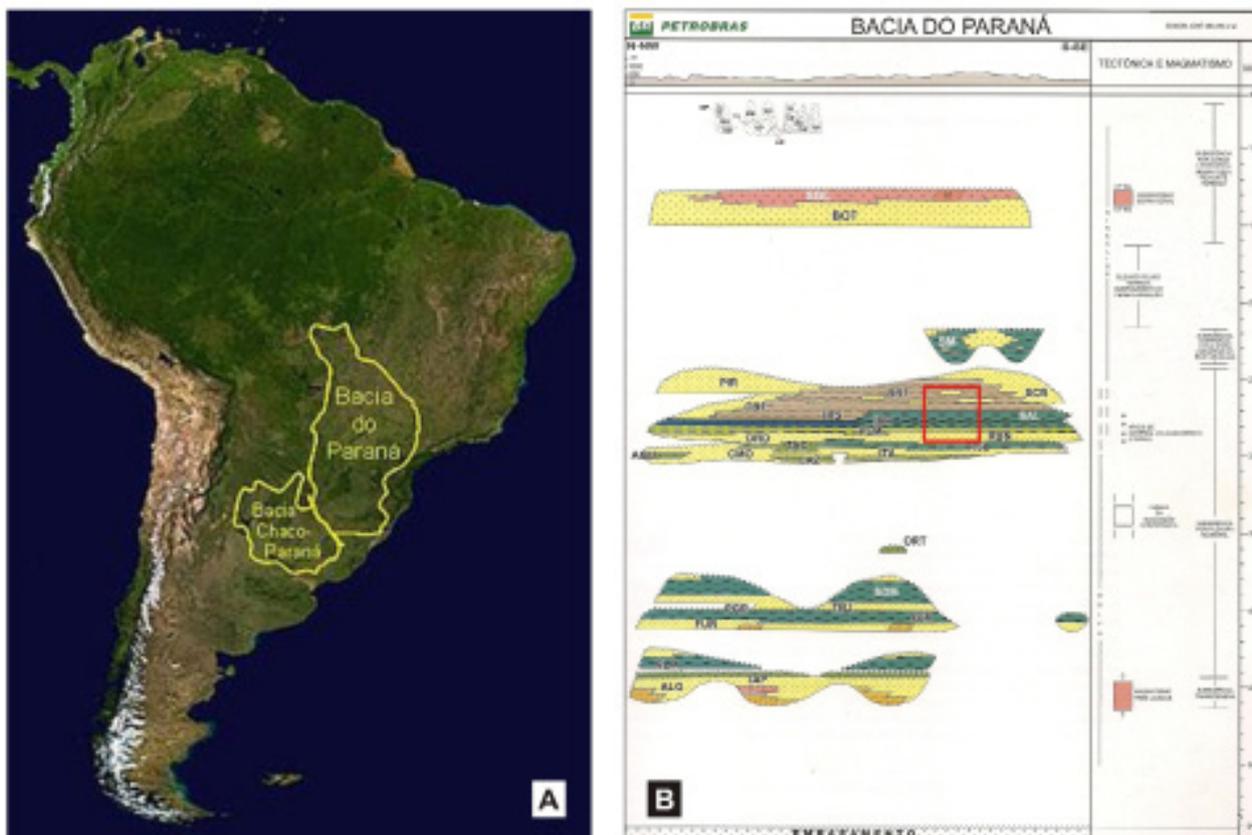


Figura 14 - (A) Localização da Bacia do Paraná na América do Sul; e (B) Litoestratigrafia da Bacia do Paraná (modificado de Milani et al., 2007), com o retângulo vermelho indicando o intervalo estratigráfico aqui estudado.

e grés do Rio Bonito com extractos carboníferos e a flora *Glossopteris*". Em algumas regiões da bacia a Formação Rio Bonito é dividida em três intervalos, reconhecidos e denominados como Membro Triunfo (inferior), essencialmente arenoso; Membro Paraguaçu (intermediário), formado por siltitos, folhelhos e arenitos interdigitados; e Membro Siderópolis (superior), composto por arenitos finos a muito finos, intercalados com folhelhos carbonosos e leitos de carvão (SCHNEIDER et al., 1974).

A Formação Palermo é constituída, essencialmente, por sedimentos de granulação fina, siltitos e arenitos finos e muito finos, de cores acinzentadas a amareladas em afloramento.

3.3.2.1. Formação Rio Bonito - P1rb

A unidade, que aflora em duas ocorrências relativamente pequenas, uma no oeste e outra no extremo sul da folha, nas proximidades das rochas cristalinas do Granito Aceguá, apresenta contato por falha com as litologias do Grupo Passa Dois (formações Irati e Teresina).

Em cortes de estrada e lajeados a unidade apresenta espessuras em torno de 5 metros. No furo de sondagem para carvão AG-03 mostra 163,30 m, a maior espessura para a Formação Rio Bonito obtida na Folha Aceguá. Nos demais furos executados na

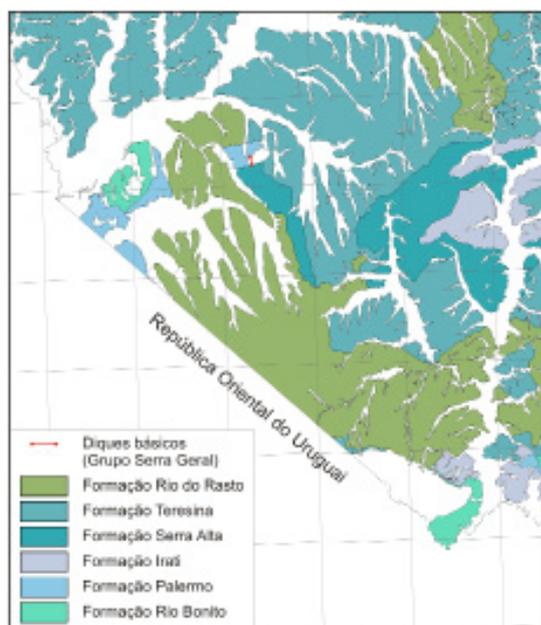


Figura 15 - Distribuição das unidades da Bacia do Paraná aflorantes na Folha Aceguá.

região as espessuras foram menores: 138,80m (Furo AG-02), 50,64m (Furo VL-02) e 11,80 m (Furo VL-01).

A formação é constituída por espessas camadas de quartzarenitos, arenitos quartzo-feldspáticos (subarcoseanos) esbranquiçados, amarelados e rosados (ferruginosos), siltitos de cor amarelo-palha e subordinadamente, níveis de conglomerados e arenitos com grânulos e intraclastos pelíticos.

Petrograficamente é composta por subarcóseos de granulação média a grossa, algumas vezes conglomeráticos, com grãos subangulares a subarredondados, com média a baixa esfericidade e mal

selecionamento. Ocorrem camadas intercaladas de arenitos quartzosos finos a médios, com grãos subarredondados de esfericidade média a alta e moderadamente selecionados (Figura 16).

Como estruturas primárias, ocorrem laminações plano-paralelas, marcas de ondas, estratificação cruzada acanalada, planar, tangencial, estratificação cruzada *hummocky* e geometria lenticular, que denotam ambientes deltaico e fluvial com sigmoides e barras conglomeráticas, marinho raso dominado por ondas (*foreshore* a *shoreface inferior*), até porções mais profundas.

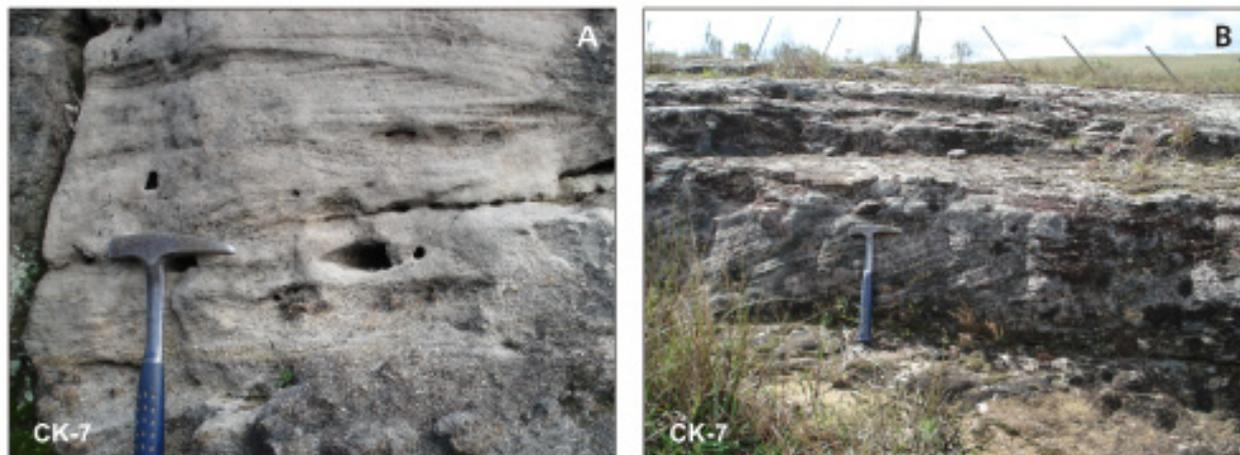


Figura 16 - (A) Camadas amalgamadas de arenito com grânulos de quartzo e feldspato subangulares a subarredondados e arenitos médios com estratificação cruzada acanalada; e (B) Camadas amalgamadas com migração de dunas (*sand waves*) e plano-paralelas. Formação Rio Bonito (afloramento CK-7).

O contato da unidade com os granitoides do embasamento é por inconformidade, comumente por conglomerados sustentados por seixos arredondados com estratificação cruzada, normalmente com granodecrescência ascendente, amalgamados ou associados a arenitos conglomeráticos. Estes arenitos são grossos a muito grossos, com estratificação cruzada tangencial, constituindo predominantemente camadas lenticulares.

A Formação Rio Bonito apresenta camadas arenosas com ripples de ondas (*wave ripples*), indi-

cando condições de fluxo oscilatório em regime de fluxo inferior, o que caracteriza a ação de ondas, sendo algumas de interferência (Figura 17).

Com o aumento da lâmina d'água geram-se formas de leito de migração de dunas, denominadas *sand waves*. Com maior aumento da profundidade, a plataforma dominada por tempestades apresenta camadas amalgamadas com estratificação cruzada *hummocky*, produto da ação das ondas que se caracterizam pelo efeito erosivo irregular e preenchimento sob a ação da oscilação do fluxo. O padrão deposi-

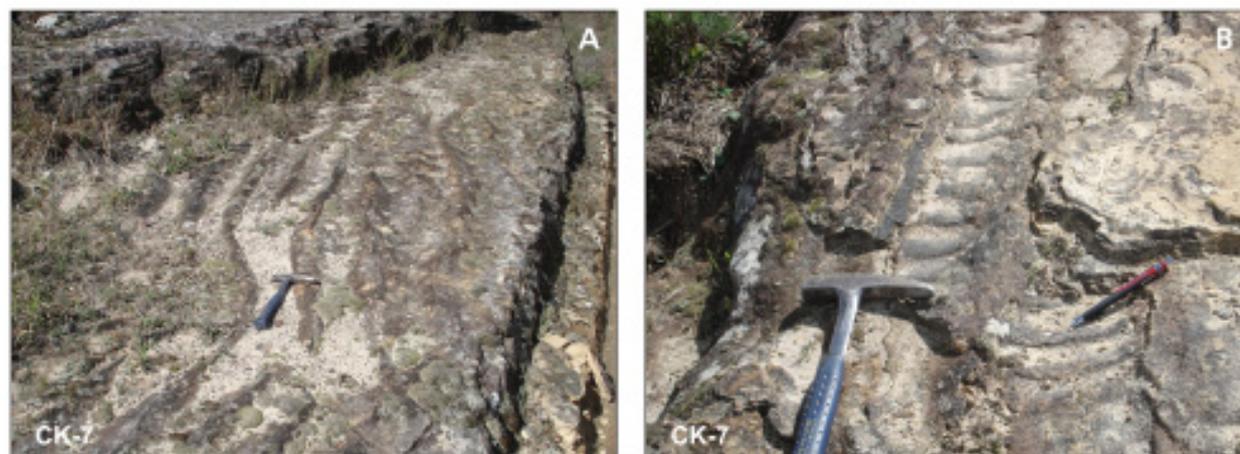


Figura 17 - (A) Marcas de onda sinuosas e (B) assimétricas em calhas. Formação Rio Bonito (afloramento CK-7).

cional dessa unidade, no geral, é granodecrescente, indicando nitidamente a mudança nos ambientes deposicionais desde fluvial até o marinho profundo, caracterizando um evento de transgressão. Na Folha Aceguá não foram observados horizontes carbonosos em superfície.

A Formação Rio Bonito é posicionada no Eopermiano (intervalo Sakmario e Kunguriano) devido a conteúdo palinológico. Recentes datações radiométricas obtidas pelo método U-Pb acrescentam novas informações sobre a idade dessa unidade. Os trabalhos geocronológicos realizados por Guerra-Sommer et al. (2005 e 2008) na camada Candiota resultaram idades entre $299,1 \pm 2,6$ e $296 \pm 4,2$ Ma.

Em um nível bentonítico datado por Cagliari et al. (2014; região da jazida de Capané), pertencente à porção média-superior da Formação Rio Bonito, foram obtidas idades entre $290,6 \pm 2,8$ e $281,7 \pm 3,2$ Ma (intervalo Sakmario e Kunguriano). É adequado destacar que os níveis datados encontram-se na parte média-superior da unidade, sendo necessário considerar a espessura dos níveis de sedimentos inferiores à camada Candiota para inferir, com essas idades, o posicionamento da Formação Rio Bonito no limite Permo-Carbonífero (intervalo Gzeliano – Asseliano). Portanto, são necessários mais dados para corroborar e sugerir a mudança nas idades das formações Rio Bonito (Grupo Guatá) e Taciba (Grupo Itararé) sugeridas na nota explicativa da Folha Igrejinha (Convênio UNISINOS/CPRM, 2014).

3.3.2.2. Formação Palermo - P1p

As rochas sedimentares dessa unidade foram inicialmente referidas por White (1908), em Santa Catarina, como “schistos de Palermo”. Posteriormente, Oliveira (1916) tratou desse intervalo como “Folhelho Palermo”, enquanto Gordon Jr. (1947) empregou a categoria de Formação para essas rochas.

Essa unidade aflora no quadrante noroeste da Folha Aceguá, no limite fronteiro com o Uruguai, na região das estâncias da Colméia (Vila da Lata) e Carpintaria Nova. Em corte de estrada apresenta afloramentos com espessura em torno de 1,8 m. O contato, quando observado, é gradacional com a Formação Rio Bonito e tectônico com a Formação Rio do Rasto. A rocha é um heterolito constituído por arenitos muito finos, limonitizados, com lâminas de argilito cinza-escuro e siltito cinza (Figura 18). No geral, apresenta colorações cinzentas a amareladas, características de superfícies alteradas, e espessuras em torno de 10 metros.

Em subsuperfície foram encontradas espessuras de aproximadamente 60 m no furo VL-01; 40,25 m no VL-02 e 14 m no AG-02. A estratificação, quando preservada, apresenta laminação plano-paralela, estratificação cruzada de baixo ângulo, estratificação cruzada hummocky e laminação ondulada. As camadas apresentam geometria lenticular. A paleo-ambiência interpretada para a unidade é de uma deposição abaixo do nível da ação das ondas de bom tempo com influência de ondas de tempestade, em um ambiente marinho plataformal raso (shoreface inferior).

3.3.3. Grupo Passa Dois

White (1908) introduziu o termo como a série intermediária do então denominado Sistema Santa Catarina, com a seguinte sequência: rocha calcárea da Rocinha; schistos da Estrada Nova, pardos e matizados, com concreções quartzosas e camadas arenosas; e schistos negros de Iraty, com “Mesosaurus” e “Stereosternum”. Mendes (1967) utiliza o termo na categoria de Grupo, o qual é composto no Rio Grande do Sul pelas formações Irati, Serra Alta, Teresina e Rio do Rasto, permanecendo a mesma concepção em Schneider et al. (1974).



Figura 18 - (A) Heterolito, constituído por arenito muito fino, limonitizado, com lâminas de argilito cinza-escuro e siltito cinza (afloramento CK-25); e (B) Na superfície alterada apresenta coloração cinza a amarelada (afloramento CK-149). Formação Palermo.

3.3.3.1. Formação Irati - P2i

Sua área tipo está situada no Município de Irati, Estado do Paraná. A citação original: “na base da Série do Passa Dois ha um schisto preto espesso e largamente persistente que se estende de São Paulo pelo Paraná e Santa Catarina ate o Rio Grande do Sul... a esta formação foi dado o nome de Iraty, no Estado do Paraná, onde afflora em um corte da estrada de ferro a três kilometros ao sul da estação de Iraty e contém... (pag. 180)” (WHITE 1908).

Consiste de folhelhos e argilitos cinza-escuros, folhelhos betuminosos e calcários associados, portadores de répteis mesossaurídeos (SCHNEIDER et al. 1974). A essa unidade associam-se ocorrências de folhelhos pirobetuminosos, relacionados por Zalán et al. (1990) como geradores de óleo e gás. Essas rochas são explotadas no Paraná para a extração de óleo e gás, com as cinzas geradas no processo de extração sendo utilizadas na produção de cerâmicas. Camadas de calcário e dolomitos são utilizadas na indústria cimenteira e como corretivo de solos. Ocorrências de cobre são encontradas junto a diques e sills de diabásio do Grupo Serra Geral que afetam a Formação Irati.

Na Folha Aceguá, a Formação Irati ocorre na região da Colônia Nova (centro leste da Folha), nas proximidades do Granito Aceguá (sul) e na região da Estância Maria Castelhana, com espessuras variando entre 40 a 60 m. Em subsuperfície foi registrada a espessura de 33,75 m no furo de sondagem VL-02.

Na porção basal é constituída por argilitos e siltitos cinza-escuros, maciços ou com laminação plano-paralela (correspondente ao Membro Taquaral), conformando camadas tabulares. Na porção superior (Membro Assistência), ocorre associação de folhelhos, folhelhos betuminosos e calcários (Figura 19 A). Nessas camadas de calcário ocorrem estratificações cruzadas *hummocky*, que sugere a influência de tempestades durante a deposição dessa unidade (LAVINA, 1991), assim como marcas

onduladas simétricas e assimétricas. A presença de calcarenitos e calcilutitos com intraclastos de calcilutitos subarredondados, numa matriz de calcarenito com dentes, ossos de répteis mesossaurídeos (provável *Stereosternum tumidum*) desarticulados e intensamente retrabalhados (Figura 19 B), sugerem uma possível exposição subaérea e posterior retrabalhamento pela ação de ondas e aumento do nível d'água com a cobertura de camadas de folhelhos betuminosos oxidados.

Os sedimentos finos indicam deposição por decantação em ambiente de águas calmas, abaixo do nível de ação das ondas (SCHNEIDER et al., 1974). As condições anóxicas sugerem o aumento da lâmina d'água com o estabelecimento de uma coluna de água espessa, inibindo a chegada de oxigênio, marcando uma ritmicidade no folhelho. Os folhelhos betuminosos sugerem a existência de períodos de estratificação da coluna de água.

Através de datações U-Pb de zircões, Santos et al. (2006) apresentam uma idade de $278,4 \pm 2,2$ Ma, obtida em amostra de argila bentonítica, o que posiciona a Formação Irati no Artinskiano ($284,4 \pm 0,7$ a $275,6 \pm 0,7$ Ma).

3.3.3.2. Formação Serra Alta - P23sa

A Formação Serra Alta é formada por argilitos, folhelhos e siltitos cinza-escuros, com fratura conchoidal, lentes e concreções calcíferas, que ocorrem entre as atuais formações Irati e Teresina. Partes dos sedimentos desta formação foram denominadas por White (1908) como “Folhelhos Irati”. Muitos autores utilizaram para esta unidade as denominações Estrada Nova s.s., Estrada Nova Inferior, Grupo Estrada Nova ou Andar Estrada Nova (MÜHLMANN et al., 1974). Gordon Jr. (1947) designou como Membro Serra Alta da Formação Estrada Nova. No entanto, a unidade foi elevada a categoria de Formação por Sanford; Lange (1960).

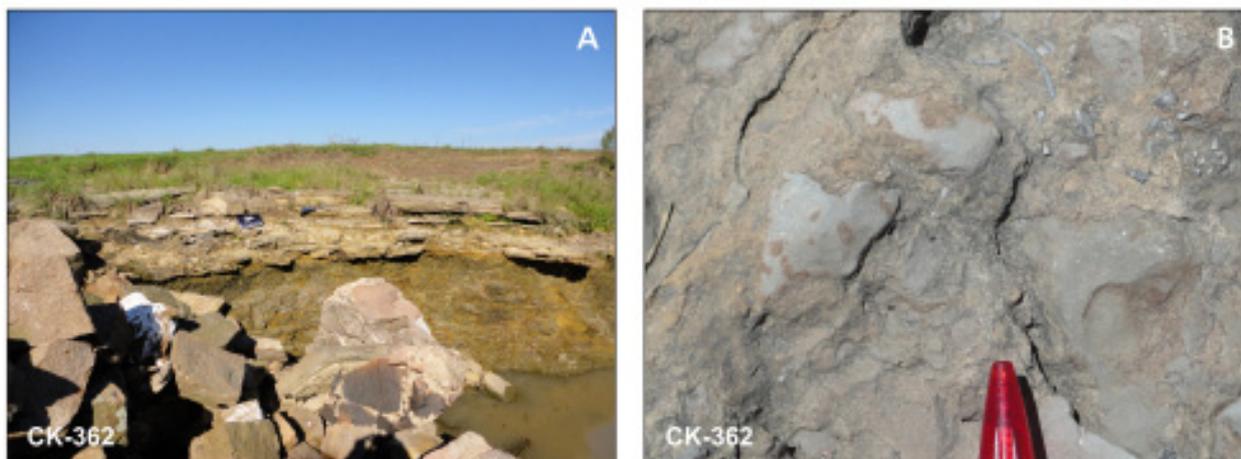


Figura 19 - (A) Camada inferior de folhelho betuminoso e camadas superiores de calcarenito e calcilutito.; e (B) Intraclastos de calcilutito subarredondados em matriz calcarenítica com fósseis desarticulados de mesossaurídeos. Formação Irati (afloramento CK-362). Para detalhes paleontológicos ver Figura 24 e Figura 25.

A Formação Serra Alta apresenta afloramentos em corte de estrada, principalmente na BR-153, com espessuras de aproximadamente 4 m. É constituída essencialmente por siltitos e argilitos cinza-escuros, não betuminosos, em camadas tabulares maciças ou com laminação plano-paralela pouco desenvolvida, com veios de quartzo cortando caoticamente as camadas (Figura 20). Quando expostos ao intemperismo, os siltitos e argilitos apresentam cores cinza-claro a ocre e avermelhadas, muito fragmentados. É frequente a presença de concreções carbonáticas.

A deposição dos sedimentos corresponde à decantação de finos em profundidades abaixo do nível base de ação das ondas. O contato superior dessa formação com a unidade sobreposta se dá com a presença de finas lâminas de arenito muito fino. Às vezes é difícil separar as duas unidades, por apresentarem características texturais e colorações

muito semelhantes. A presença de veios de quartzo na Formação Serra Alta é marcante e característica significativa dessa unidade.

3.3.3.3. Formação Teresina - P3t

Em 1908, White já denominava de Camadas Estrada Nova para a sequência composta por folhelhos cinza e variegados e arenitos, os quais estão incluídos nos sedimentos da Formação Teresina. Esta, atualmente reconhecida, fez parte do Grupo Estrada Nova de Oliveira (1916), no Grupo Estrada Nova Inferior por Du Toit (1927) e correspondia à parte da Formação Estrada Nova de *Northfleet*; Medeiros; Mühlmann (1969). Entretanto, foi Moraes Rego (1930) quem empregou pela primeira vez o termo Teresina para designar como grupo a sequência



Figura 20 - Formação Serra Alta em corte da BR-153: (A) Folhelhos cinza com cor de alteração ocre e veio de quartzo cortando caoticamente as camadas. Concreção carbonática na porção superior esquerda (afloramento CK-295); e (B) veio de quartzo cortando as camadas (CK-217).

exposta próxima a localidade de Teresa Cristina, no Estado do Paraná (MÜHLMANN et al., 1974).

A Formação Teresina é composta por argilitos, siltitos e arenitos muito finos a finos com cores variando de cinza-escuro, esverdeado, amarelado até avermelhado. As camadas são tabulares ou lenticulares e a sedimentação apresenta ciclos granocrescentes, iniciando com argilitos maciços e siltitos com lâminas de arenito muito fino com acamamentos *wavy* e *linsen*. Apresentam níveis com bioturbação moderada. Ocorrem concreções carbonáticas no interior de pacotes de siltitos laminados. Intercalações de argilitos e siltitos com camadas finas de arenitos muito finos avermelhados com marcas de ondas (Figura 21). Arenitos com estratificação cruzada *hummocky*, marcas onduladas simétricas e assimétricas. As estruturas sedimentares associadas são indicativas de ação de ondas, onde a deposição ocorre desde em ambiente calmo abaixo (*offshore*) e acima (*shoreface* inferior) do nível de base das ondas. Pacotes de arenitos com estratificação cruzada *hummocky* indicam deposição em ambiente influenciado por ondas de

tempestade. Boa parte dos afloramentos são avermelhados devido à oxidação.

Essa formação apresenta, em outras partes da Bacia do Paraná, fósseis de pelecípodes e peixes.

Na Folha Aceguá não há evidências desses achados. O contato dessa unidade com a unidade superior se dá gradualmente (contato gradacional), porém de difícil distinção por ambos estarem oxidados

3.3.3.4. Formação Rio do Rasto - P3T1rr

A denominação Rio do Rasto foi utilizada primeiramente por White (1908) para a sequência sedimentar exposta nas cabeceiras do rio do Rasto, na estrada Lauro Muller – São Joaquim (SC), a qual compreende na sua parte inferior siltitos e arenitos finos esverdeados e arroxeados, e na porção superior, argilitos e siltitos avermelhados com intercalações lenticulares de arenitos finos (MÜHLMANN et al., 1974). Gordon Jr. (1947) propôs uma subdivisão da formação, correspondendo aos membros

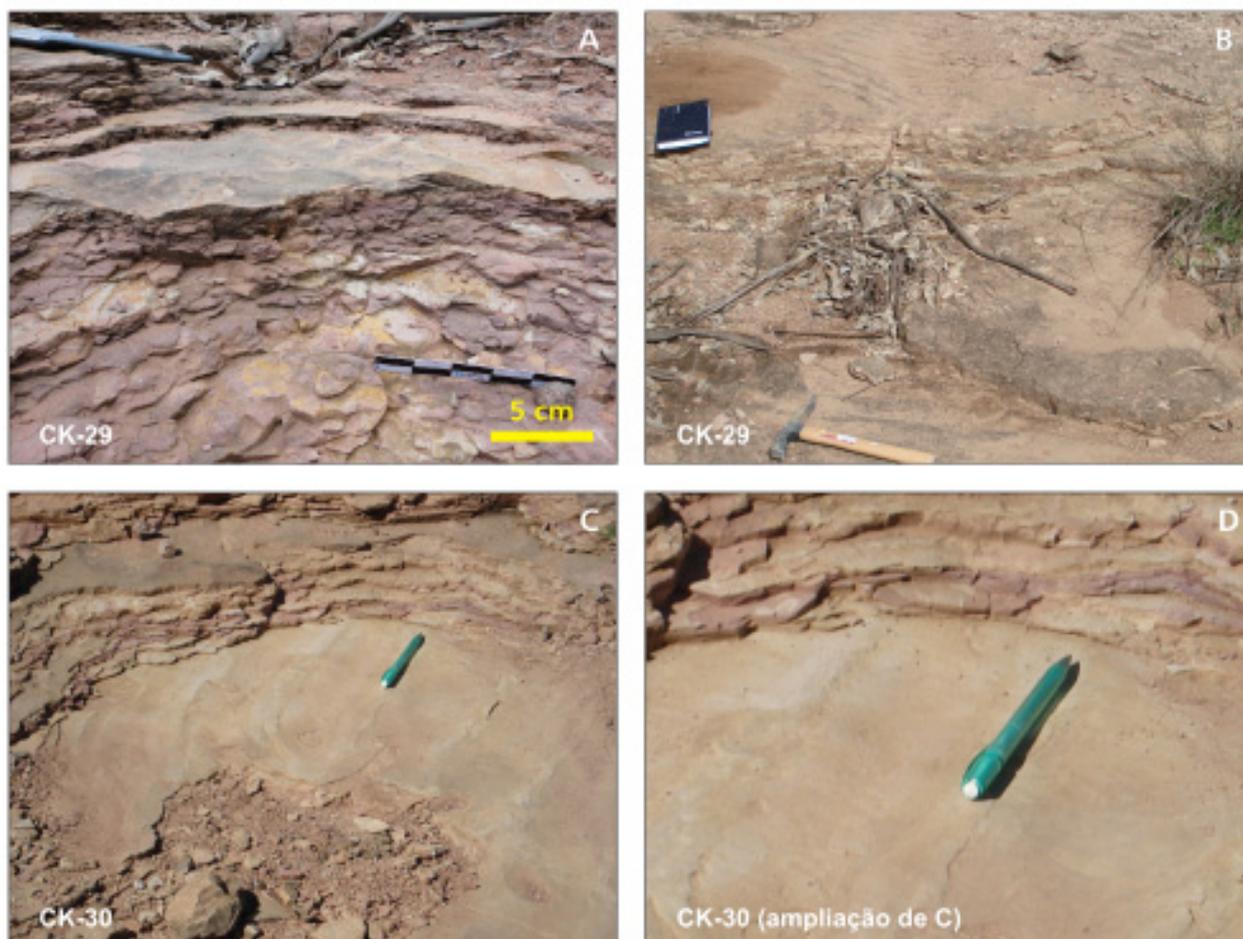


Figura 21 - (A, B, C) Heterolitos da Formação Teresina compostos por argilitos, siltitos e arenitos muito finos com marcas de ondas e laminações plano-paralelas. Marcas de ondas de interferência na camada de arenito fino (afloramentos CK-29 e CK-30). (D) é ampliação de parte de (C).

Serrinha, inferior, e Morro Pelado, superior. Na Folha Aceguá a unidade aflora com espessuras estimadas em até 35 m.

Apresenta pelitos e arenitos variegados, na base, com cores avermelhadas, rosada a cinza-claro, com dominância de camadas tabulares e lenticulares (Membro Serrinha), as quais se associam com acamamentos wavy e linsen e arenitos com estratificação cruzada *hummocky*. Na porção média e superior, passam progressivamente a dominar as geometrias lenticulares (Membro Morro Pelado) (Figura 22 A e B). Os siltitos tendem a ser avermelhados e tabulares, maciços ou laminados.

Os arenitos são quase sempre finos, podendo ser tabulares ou lenticulares e apresentam laminação plano-paralela, laminação cruzada cavalgante e estratificações cruzadas acanaladas de pequeno a muito grande porte.

Na porção basal da Formação Rio do Rasto se estabelece a continuidade das condições paleoambientais da Formação Teresina, com a total ausência de organismos marinhos. Em direção ao topo a unidade evolui para ambientes lacustre e deltaico. Na parte superior os campos de dunas eólicas se inte-

gram aos sedimentos lacustres e deltaicos. Ocorrem fragmentos de troncos fósseis e um afloramento significativo com tronco no pavimento de uma estrada, com aproximadamente 4 metros de comprimento e 0,47 m de diâmetro (Figura 22 C e Figura 23).

3.3.4. Aspectos Paleontológicos

3.3.4.1. Introdução

Das diversas atividades desenvolvidas nas quatro folhas do bloco de mapeamento resultou também a análise de 13 localidades fossilíferas, das quais oito na Folha Aceguá (três ocorrências históricas e cinco inéditas), duas na Folha Bagé (inéditas) e três na Folha Passo São Diogo (uma histórica e duas inéditas). Não foram determinados afloramentos fossilíferos na Folha Curral de Pedras.

As quatro exposições históricas constituem áreas onde material fóssil de vertebrados foi coletado no passado; destas, três ocorrem na Folha Aceguá e foram visitadas pela equipe da CPRM, enquanto

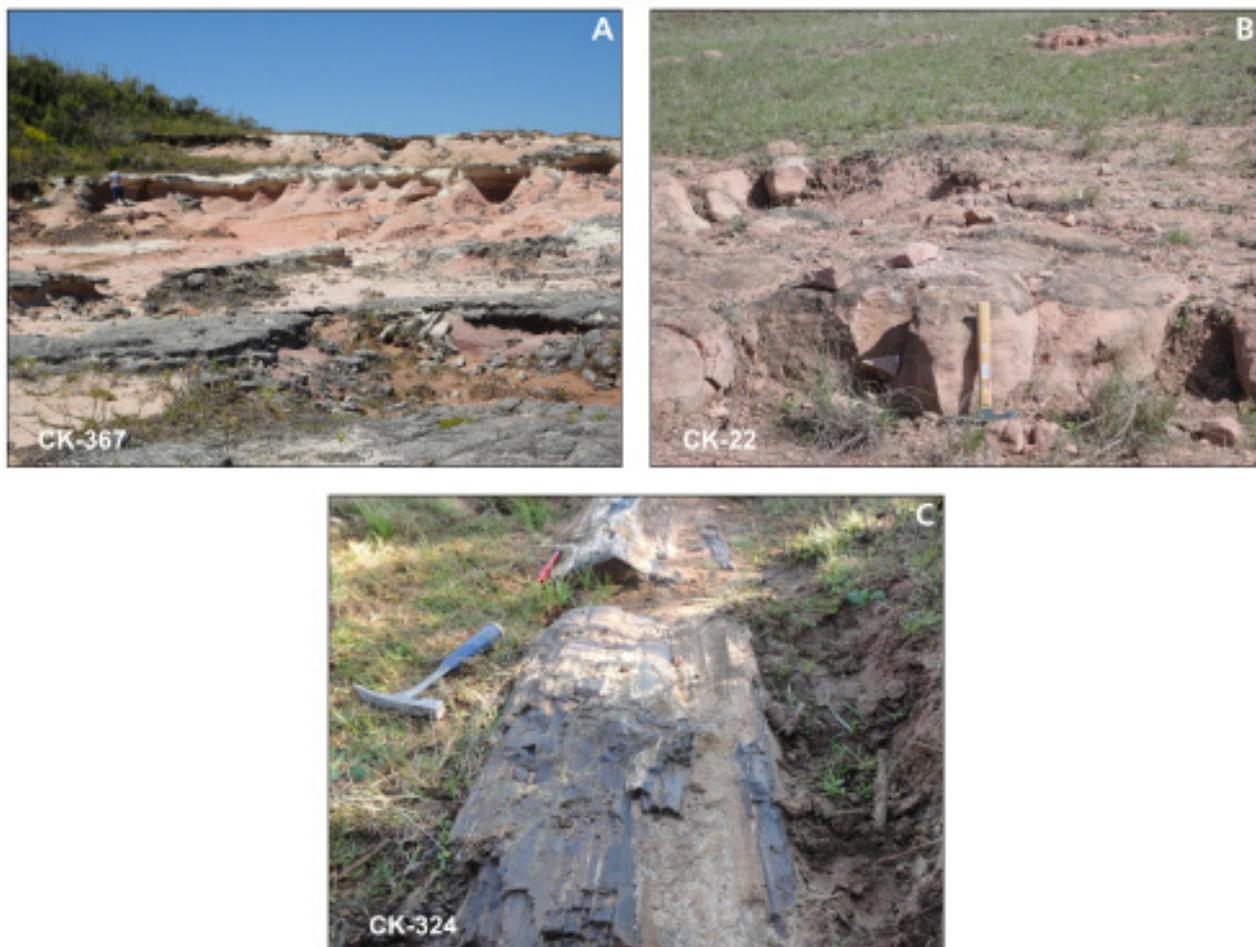


Figura 22 - Formação Rio do Rasto: (A) Pelitos avermelhados a róseos intercalados com camadas tabulares de arenito cinza-claro a branco (afloramento CK-367); (B) Camada de arenito maciço e geometria tabular (afloramento CK-22); e (C) Tronco fóssil no pavimento de estrada secundária (afloramento CK-324; ver a Figura 23).

uma, na Folha Passo São Diogo, é descrita com base em informações bibliográficas.

Os nove registros fósseis inéditos resultaram do atual programa de levantamentos, com a descoberta de restos de: 1) mesossauros em uma localidade, na Folha Aceguá; e 2) troncos fósseis em oito localidades, duas delas na Folha Bagé, duas na Folha Passo São Diogo e quatro na Folha Aceguá. Entre as últimas está incluída uma ocorrência comunicada à equipe da CPRM pelo Prof. Dr. Ernesto Lavina (Geologia/UNISINOS).

3.3.4.2. Registros Fósseis na Folha Aceguá

Os primeiros cinco registros (1 a 5) abaixo caracterizam novas ocorrências fossilíferas, enquanto os três seguintes (6 a 8) constituem ocorrências históricas visitadas, cuja descrição inclui informações obtidas nas fontes bibliográficas originais.

1) Localidade inédita: **Riacho dos Mesossauros** (afloramento CK-362, também EK-37; UTM 770.495E, 6.493.663N). Unidade encaixante: Formação Irati. Material: vértebras e costelas dissociadas de *Stereosternum tumidum* (Reptilia, Parareptilia,

Proganosauria). O detalhamento desta nova ocorrência consta no item 3.3.4.3, adiante.

2) Localidade inédita: **Ravina Junguitu** (afloramento EK-6; UTM 768.715E, 6.473.046N). Unidade encaixante: Formação Rio do Rasto. Material: abundantes fragmentos e seções transversais de troncos; aparentemente existem dois táxons distintos.

3) Localidade inédita: **Arroio Minuano II** (leste) (afloramento EK-33A; UTM 769.206E, 6.478.437N). Unidade encaixante: Formação Rio do Rasto. Material: abundantes fragmentos de troncos rolados.

4) Localidade inédita: **Tronco na Estrada** (afloramento CK-324, também EK-36; UTM 776.752E, 6.481.496N). Unidade encaixante: Formação Rio do Rasto. Material: um tronco parcialmente exposto, com cerca de 4 m de comprimento, transversal ao leito de estrada vicinal. O tronco tem continuidade sob o leito da estrada por pelo menos 1,5 m (Figura 23 A, B).

5) Localidade inédita: **Tronco do Lavina** (afloramento EK-38; UTM 770.248E, 6.495.996N). Unidade encaixante: Formação Rio do Rasto. Material: tronco, antes com cerca de 6 m, que foi parcialmente destru-

ído para a abertura de uma estrada vicinal; as extremidades do tronco continuam no local (observação do Prof. Dr. Ernesto Lavina, em 19/12/2014).

6) Localidade histórica: **Bageherpeton** (afloramento EK-2; UTM 771.414E, 6.501.537N). Unidade encaixante: Formação Rio do Rasto. Material: rostro mandibular (holótipo: UFRGS PV-0317-P) de *Bageherpeton longinathus* (DIAS; BARBERENA,

2001) (Temnospondyli, Archegosauridae). Citação original: “km176 of the BR153 road, between the cities of Bagé and Aceguá, Rio Grande do Sul State, Brazil” (DIAS; BARBERENA, 2001, p. 136).

7) Localidade histórica: **Provelosaurus I** (afloramento EK-3; UTM 768.600E, 6.473.789N). Unidade encaixante: Formação Rio do Rasto. Material: crânio e pélvis de *Provelosaurus americanus* (ARAÚJO,



Figura 23 - Madeira fossilizada na Formação Rio do Rasto: (A) Vista geral do afloramento CK-324 com a indicação (seta amarela) da área escavada para determinação da continuidade de tronco fóssil; e (B) Detalhe do material (notar nó).

1985) (Reptilia, Parareptilia, Pareiasauria) (holótipo: UFRGS PV-0232P). Citação original: “BR-153, num corte de estrada, situado no km 204, no lado direito da rodovia, no sentido Bagé-Aceguá” (ARAÚJO, 1985, p. 63-64).

8) Localidade histórica: **Provelosaurus II** (afloramento EK-4a; UTM 768.496E, 6.473.233N). Unidade encaixante: Formação Rio do Rasto. Material: esqueleto pós-craniano incompleto de *Provelosaurus americanus* (ARAÚJO, 1985) (Reptilia, Parareptilia, Pareiasauria); hipodigma (UFRGS PV-0233-P). Citação original: “A seiscentos metros [do afloramento EK-3], do lado esquerdo da rodovia, em direção à Aceguá” (ARAÚJO, 1985, p. 63-64).

3.3.4.3. Riacho dos Mesossauros

Localidade denominada no presente trabalho como Riacho dos Mesossauros, pela presença de expressiva quantidade de restos de mesossauros na saída de drenagem de uma barragem para plantação de arroz.

3.3.4.3.1. Identificação do Material

O material fóssil desarticulado encontrado na localidade “Riacho dos Mesossauros” (afloramento CK-362) é composto por restos de costelas e vértebras, geralmente fragmentadas, dispersas na matriz sedimentar. A rocha hospedeira, um nível de calcare-

nito desestruturado (brecha sedimentar) com cerca de 40 cm, coloração cinza-clara, contém litoclastos centimétricos esparsos de calcilito, com bom arredondamento (Figura 24 A), e bioclastos, com fragmentação variada, caracterizados como os restos de mesossauros (Figura 24 B). Este pacote é sobreposto por um nível decimétrico com marcas onduladas e estratificações cruzadas *hummocky*. A história tafonômica complexa dos restos fósseis certamente deriva do ambiente de alta energia (tempestitos) caracterizado para o pacote.

O detalhamento descritivo do material amostrado (Figura 25 A a F), mostra que as costelas trunciais (Figura 25 A) possuem notável espessamento ósseo (paquiosiose) que fornece um aspecto musiforme (em forma de banana). As vértebras trunciais possuem o arco neural volumoso em comparação com seu corpo (condição cotilossauriana), e presença constante do forâmen notocordal (fnt). Na Figura 25 B pode-se observar a ista cranial de uma vértebra truncial com ambas prezigapófises (prz) quebradas e a presença do zigósfeno (zsf), que é uma projeção óssea que se articula no ziganthro da vértebra precedente, prevenindo a torção da coluna vertebral.

Uma vértebra truncial em vista caudal (Figura 25 C) mostra ambas poszigapófises (psz), ambos ziganthros (zan) e o processo supraneural (psn), que constitui (conforme Modesto, 1999, p. 13) uma expansão laminar dorsal ao canal medular (cnmd). Uma outra vértebra truncial em vista caudal (Figura 25 D) mostra a poszigapófise (psz) direita (a esquerda

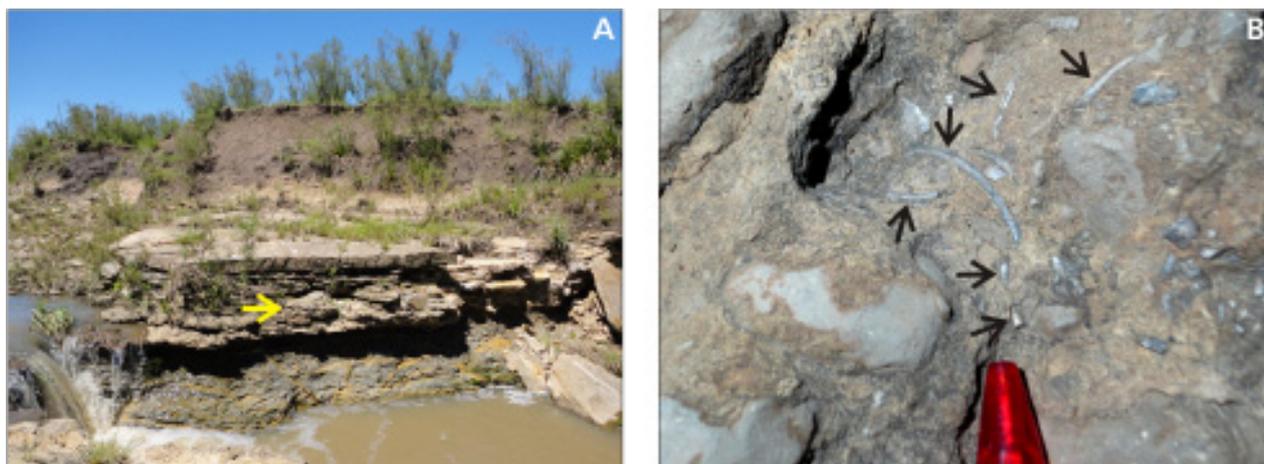


Figura 24 - (A) Vista geral do afloramento da localidade Riacho dos Mesossauros (CK-362), com a indicação (seta amarela) do intervalo litológico (tempestitos) de ocorrência dos restos de mesossauro; e (B) Detalhe (vista em planta) do calcarenito contendo intraclastos de calcilutite e do material fóssil desarticulado, alguns destes indicados por setas. Ver também a Figura 19.

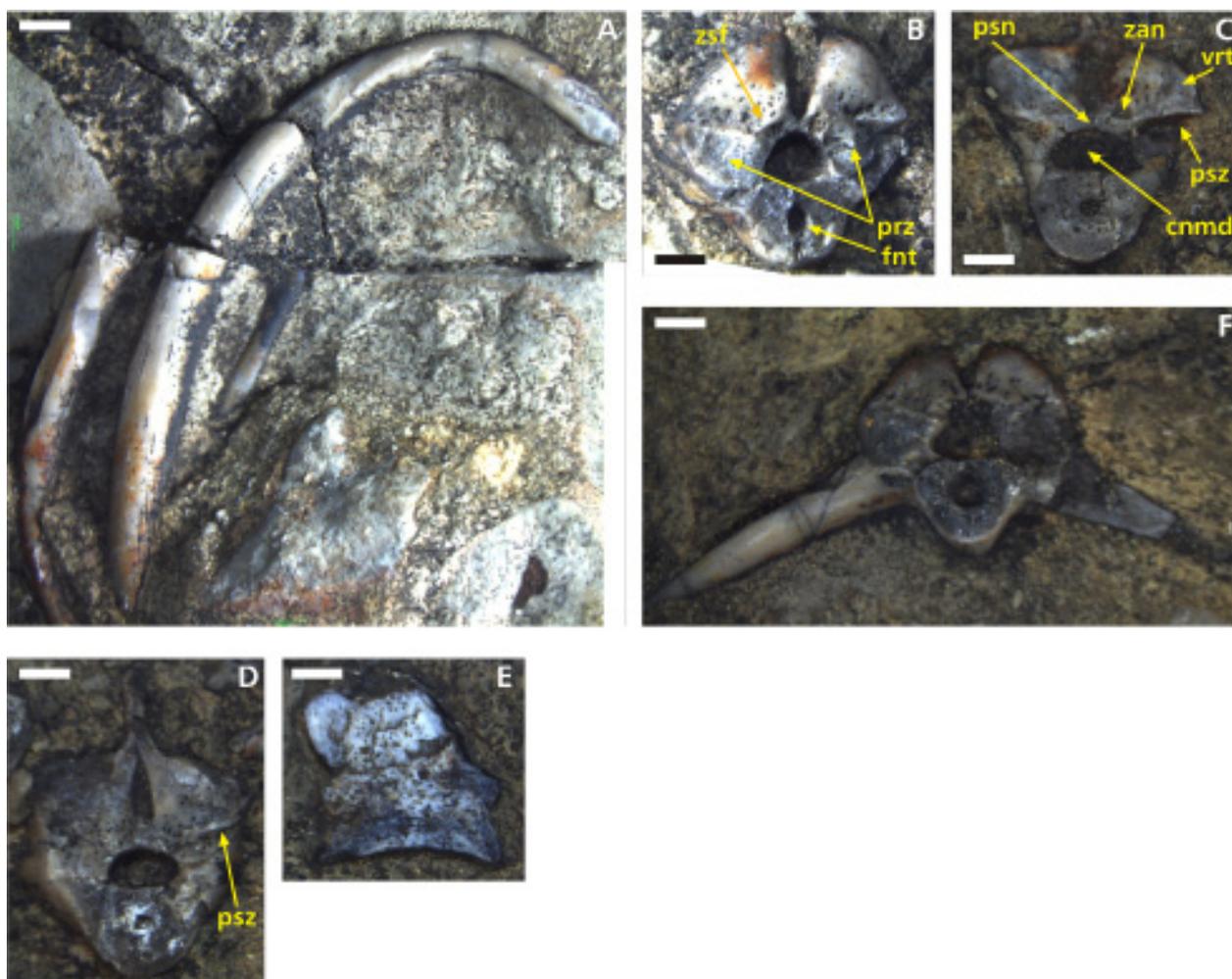


Figura 25 - Material desarticulado (costelas e vértebras) de *Stereosternum tumidum* (Proganosauria, Mesosauridae). Localidade: "Riacho dos Mesossauros" (CK-362). (A) Costela truncal com espessamento no corpo (paucicostose) e aspecto musiforme diagnóstico; (B) Vértebra truncal indeterminada em vista cranial; (C/D) Vértebras truncais indeterminadas em vista caudal; (E) Vértebra caudal intermediária em vista lateral direita; e (F) Vértebra caudal basal em vista terminal. Abreviaturas: cnmd (canal medular), fnt (forâmen notocordal), prz (prezigapófise), psn (processo supraneural), psz (poszigapófise), vrt (vértice), zan (zigantros), zsf (zigósfeno). Barra de escala = 2 mm.

está quebrada). Vértex caudais isoladas são também encontradas.

A Figura 25 E mostra a vista lateral direita de uma vértebra caudal intermediária, que é alongada e não possui diapófises desenvolvidas. Uma vértebra caudal com diapófises bem desenvolvidas, diagnóstico de uma posição mais basal na cauda, pode ser vista na Figura 25 F.

A identificação deste material toma por base a paquiostose musiforme das costelas, que é encontrado tanto em *Mesosaurus brasiliensis* quanto em *Stereosternum tumidum* (e que descarta o *Brazilosaurus sampauloensis*). A diferença comumente utilizada para se diferenciar restos desarticulados de *Steneosaurus* daqueles de *Mesosaurus* encontram-se na morfologia das costelas cervicais e hemapófises (conforme ROSSMANN, 2000, p. 26; e PRETTO, 2009, p. 29). Contudo, tais ossos não estão preservados de forma inequívoca no presente material. Por outro lado, Pretto (2009, p. 61-62) observa a possibilidade da morfologia das arestas laterais do arco neural de ambos os gêneros nominativos serem distintos. Assim, pela disposição do vértice (vrt) destas arestas laterais não ultrapassando lateralmente a poszigapófise (Figura 25 C), o material é identificado como pertencente ao *Stereosternum tumidum*.

3.3.4.3.2. Sistemática Paleontológica

Parareptilia Olson, 1947; Proganosauria Baur, 1887; Mesosauridae Baur, 1889; *Stereosternum* Cope, 1886; *Stereosternum tumidum* Cope, 1886.

Stereosternum tumidum e as suas formas próximas (*Mesosaurus brasiliensis* e *Brazilosaurus sampauloensis*) formam um grupo holofilético bem homogêneo na morfologia geral, diferenciando-se pelo comprimento do pescoço, quantidade de dentes e distribuição distinta do espessamento ósseo (paquiostose).

Tinham o corpo alongado, mas pouco flexível, e possuíam adaptações para a vida aquática. Conforme relatado para *Stereosternum tumidum* (RÖSLER, 1974; RÖSLER; TATIZANA, 1985) a cauda era comprimida transversalmente e existiam membranas interdigitais, mas a propulsão aquática era feita primariamente pelos membros, e não pela cauda (que não mostra uma musculatura robusta); por outro lado, os membros são particularmente desenvolvidos e ossificados.

Um possível ovo amniótico com um embrião foi descrito em camadas correlatas do Uruguai (Formação Mangrullo, Piñeiro et al., 2012) e uma locomoção terrestre era plenamente possível, já que os membros eram bem desenvolvidos e ossificados (em especial o carpo e o tarso).

Os restos desarticulados mostram retrabalhamento *post mortem*, com desarticulação e transporte, não sendo seu ambiente de morte e, muito menos, de vida (Figura 24 A e B).

3.4. DEPÓSITOS ALUVIONARES

As aluviões acompanham os rios principais como Rio Negro, Arroio Pirai, Arroio Jaguarão Chico, Arroio Minuano, Sanga do Peixe, Sanga dos Cinco Salsos, Sanga da Areia e Arroio da Mina. São sedimentos clásticos, mal selecionados, inconsolidados, onde predominam depósitos arenosos de granulção grossa a muito fina e subordinadamente argila. São encontrados principalmente ao longo dos cursos d'água que drenam os terrenos sedimentares da Bacia do Paraná (Figura 26).



Figura 26 - Depósitos aluvionares nas bacias de drenagem da Folha Aceguá.

4 – ASPECTOS ESTRUTURAIS

A geologia da Folha Aceguá é composta quase exclusivamente por coberturas sedimentares paleozoicas e cenozoicas, com o afloramento de litologias pré-cambrianas limitado a três paleorrelevos positivos, dos quais o principal referido como Alto de Aceguá, na fronteira com o Uruguai.

Nas áreas de granitoides a estrutura principal é uma foliação magmática usualmente discreta nos granitos porfiríticos, marcada pela orientação dimensional dos megacristais de feldspatos e, mais raramente, pelos minerais máficos, refletindo o campo de tensões vigente durante o posicionamento do magma. As porções mais deformadas exibem faixas métricas com alteração hidrotermal, caracterizada especialmente por carbonatação e silicificação. Essas estruturas parecem ter orientado a intrusão dos diques de rochas alcalinas (Riolito Arroio da Mina), condicionados com a disposição geral ESE-WNW, e mesmo parte dos planos de movimentos normais da Bacia do Paraná (Figura 27).

Na Bacia do Paraná, as orientações NW-SE e NE-SW representam direções tectônicas por reativação de estruturas herdadas do embasamento Pré-

Cambriano, fenômeno de ocorrência relativamente comum em bacias intracratônicas. Os elementos tectônicos lineares NW-SE são relacionados com o Arco de Rio Grande; os de direções N-S até NE-SW aos sistemas de falhas regionais NNE, tais como o Sistema de Falhas Irapuá - Passo dos Enforcados e a Zona de Cisalhamento Dorsal de Canguçu. Estas estruturas exerceram intenso controle sobre a sedimentação e preservação da Bacia do Paraná na região; as orientações E-W, segundo Zalán et al. (1987), representam o máximo momento de deformação associado à ruptura do Gondwana.

Como resultado final do fraturamento regional, a sequência estratigráfica acha-se intensamente seccionada constituindo um mosaico de blocos limitados por falhas extensionais, com ângulos de mergulho usualmente maiores do que 75°. Nas proximidades do arroio da Mina, na fronteira com o Uruguai, os arenitos da Formação Rio Bonito (afloramento CK-7) apresentam bandas de deformação com direção nordeste, centi- a decimétricas, e componentes cisalhantes dextrógiros. A cominuição de grãos e cimentação por sílica resulta em ressaltos no afloramento (Figura 28).



Figura 27 - Granito Aceguá (Pedreira Municipal de Aceguá): (A) Brecha hidrotermal sobre granitoides; e (B) Falha normal de direção geral E-W, com mergulho do plano para N (vista para oeste).

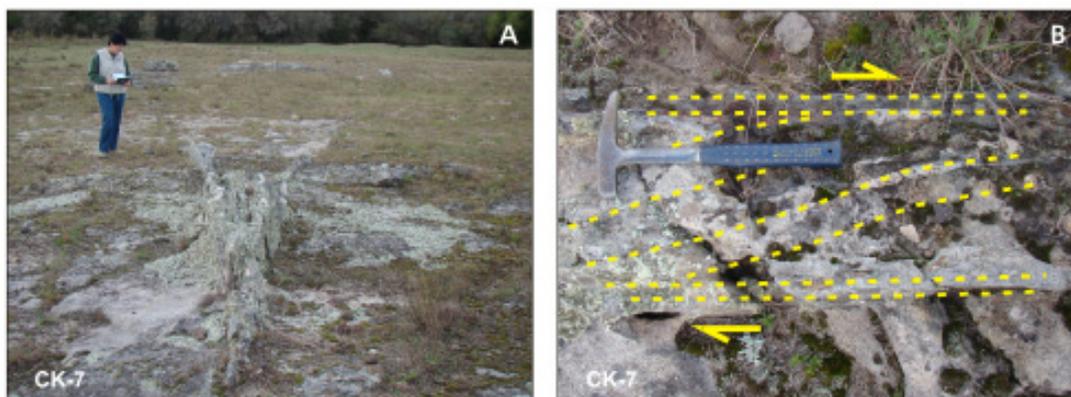


Figura 28 - (A, B) Bandas de deformação sobre arenitos da Formação Rio Bonito (afloramento CK-7). Vista em planta para (B).

5 – RECURSOS MINERAIS

5.1. PANORAMA MINERAL DA ÁREA

A atividade extrativa mineral na Folha Aceguá é exercida de forma intermitente e restringe-se basicamente a extração de saibro, para uso nas vias públicas vicinais e nos acessos às propriedades particulares. É reconhecida na área, além dos recursos acima referidos, uma ocorrência de argila bentonítica na Formação Rio do Rasto, nas proximidades de Aceguá; e de uma ocorrência de carvão em profundidade, caracterizada em furo de sondagem (Figura 29).

Os indícios minerais (pontos anômalas com Au), resultantes de amostragem por concentrados de minerais pesados são também apresentados na Figura 29, porém descritos no capítulo 6 (Geoquímica Prospectiva).

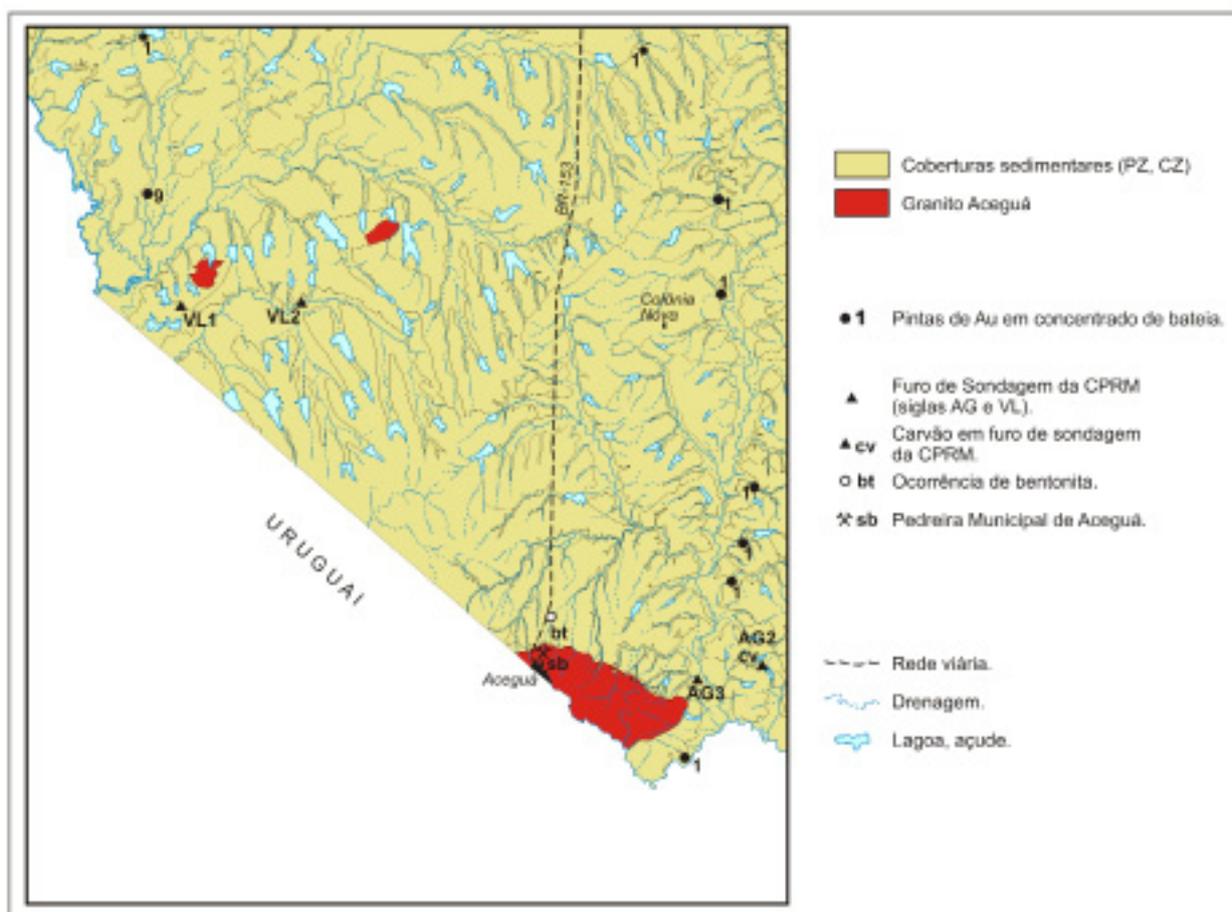


Figura 29 - Distribuição das ocorrências minerais na Folha Aceguá, incluindo indícios minerais para Au em concentrados de bateia e carvão em furos de sondagem.

5.2. MINERAIS NÃO-METÁLICOS

5.2.1. Bentonita

Lentes centimétricas de bentonita foram identificadas por Pintaúde e Formoso (1972) em um afloramento da Formação Rio do Rasto (Membro Serrinha) na margem leste da rodovia BR-153, nas proximidades da localidade de Aceguá (Figura 30A). A bentonita tem coloração rosada e ocorre interca-

lada entre folhelhos cinza-avermelhados, em exposição que contém ainda arenitos finos esbranquiçados e siltitos avermelhados.

Ainda que a ocorrência brasileira não tenha interesse econômico, ocorre no mesmo nível estratigráfico da Jazida Bañado de Medina (próximo à cidade de Melo, Uruguai), onde estas argilas de origem vulcânica alcançam até 6,5m de espessura e tem viabilidade econômica demonstrada por pesquisas detalhadas.

Conforme Dani et al. (2011), as caolinitas (*tonsteins*) e as Ca-montmorilonitas (bentonitas) inseridas

em rochas sedimentares da Bacia do Paraná, particularmente nas formações Rio Bonito e Rio do Rasto, resultam da deposição de tefras durante o Permiano. Conforme estes autores, a integração dos dados químicos de rochas e de idades de zircões das regiões de Candiota e Aceguá comparadas com resultados obtidos de amostras do cinturão vulcânico Choiyoi (Paleozoico Superior, W-NW da Argentina), permite

cogitar a existência de duas “gigantescas” erupções vulcânicas no sudoeste do Gondwana durante o Permiano Superior e a afinidade entre rochas atualmente separadas por mais de mil quilômetros.” O evento “Água de Los Burros” (~265Ma) constituiu o possível material fonte da bentonita, enquanto o evento “Choiyoi Inferior” (~281Ma), a provável fonte primária dos *tonsteins*.



Figura 30 - (A) Ocorrência de bentonita na Formação Rio do Rasto, na margem leste da BR-153, proximidades da localidade de Aceguá (cidade ao fundo); e (B, C) pedreiras de material de empréstimo no alto de Aceguá.

5.2.2. Materiais de Uso na Construção

As principais saibreiras se localizam nas proximidades da sede municipal de Aceguá, com a extração do material resultante da alteração do Granito Aceguá (Figura 30 B, C). Entre estas cabe destacar a pedreira administrada pela Prefeitura Municipal, na margem leste da BR-153, já na periferia do perímetro urbano daquela localidade. A maioria das saibreiras é de pequeno porte, produzindo material de empréstimo para capeamento e recuperação de estradas vicinais e de propriedades rurais.

O uso de areia e argilas para cerâmica vermelha não tem significado econômico, sendo extraídas em quantidades artesanais para uso doméstico. As camadas de argilas da Formação Rio do Rasto permitem, todavia, caracterizar para a unidade um significativo potencial mineral para a indústria de cerâmicas vermelhas.

Cabe destacar a técnica de construção das denominadas casas de torrão de leiva na localidade de Vila da Lata, município de Aceguá, na fronteira Brasil-Uruguai. Esta técnica se caracteriza pela utilização do solo superficial e orgânico, com raízes e folhas de vegetação nativa e rasteira (gramíneas), cortado com pá de corte preferencialmente na forma de paralelepípedo (tijolo). Os torrões assim cortados são sobrepostos uns aos outros com juntas desencontradas, gerando paredes estruturais com 60 a 80 cm de espessura.

5.3. MINERAIS ENERGÉTICOS (CARVÃO MINERAL)

No ano de 1983, através do programa de pesquisas próprias desenvolvidas pela CPRM (Projeto Grande Candiota), foram realizadas quatro sondagens para carvão no âmbito da Folha Aceguá, duas

no centro-oeste da folha (furos com sigla VL; Bloco Vila da Lata) e duas no quadrante sudeste (sigla AG; Bloco Aceguá), as quais estão localizadas na Figura 29

Destes, apenas o furo AG-02 resultou positivo para carvão, com a caracterização a 77,53m de profundidade de uma camada de carvão com 0,42m de

espessura; logo abaixo, também um leito de carvão com 0,19m de espessura.

Estes resultados, irrelevantes do ponto de vista econômico, mostram a necessidade de pesquisas adicionais para carvão na região, em especial pela possibilidade de extensão da Camada Candiota para o quadrante nordeste da Folha Aceguá.

6 – GEOQUÍMICA PROSPECTIVA

6.1. GEOQUÍMICA DE SEDIMENTOS DE CORRENTE

6.1.1. Introdução

O tratamento geoquímico dos dados das folhas Igrejinha, Bagé, Aceguá, Passo São Diogo e Curral de Pedras foi executado de modo a identificar possíveis alvos prospectivos detectados nas amostragens de sedimentos ativos de corrente e de concentrados de minerais pesados em bateia (Figura 31).

Na interpretação de concentrados de minerais pesados, por se tratar de resultados semiquantitativos, não se aplicou nenhuma metodologia estatística para esta interpretação, como ocorreu com os sedimentos de corrente.

O primeiro ponto a destacar é que trabalho recentemente executado na SUREG-PA (Geoquímica do Escudo Sul-Riograndense, 2015) identificou zonas de maior concentração de alguns elementos químicos e associações deles que geraram o que o referido projeto denominou de zonas anômalas. Uma dessas áreas, Dom Pedrito, ocorre no extremo norte da Folha Igrejinha. O relatório do Projeto Geoquímica do Escudo Sul-Riograndense afirma, sobre esta área, o que segue: “A região próxima a Dom Pedrito mostra valores mais elevados, distinguindo-se associações importantes para As/Ba/Be/Co/Fe/Ga/Li/ Mg/Mo/Ni/P/Sc/Ti/V/Zr e Cd/Hf/Pd. A primeira associação é comum em oxidados de manganês, bem como em rochas ultramáficas, podendo, por incluir muitos elementos, de forma total ou parcial, associar-se a alguns depósitos minerais. Um destes tipos de depósitos é o diamantífero. Na área de Dom Pedrito, vale repetir, ocorre concentração na segunda faixa de valores para diversas variáveis. Esta é uma área do Escudo na qual são observados anomalias e valores elevados para muitos dos elementos analisados, com ocorrência de rochas vulcânicas ácidas, básicas e granitoides, com predominância em área das primeiras. Alguns dos elementos que fazem parte desta associação ampla também ocorrem em rochas pegmatoides.” “...destacam-se, para esta área, os elementos P e Ba, os quais, juntamente com os lineamentos E-W, as diversas anomalias magnéticas, a posição geotectônica de borda da Bacia do Paraná e a ocorrência de necks de pequeno porte (<4km) com quartzo-monzonito a quartzo-monzodiorito com augita e augita subcálcica no centro, contornados por sienito a quartzo-sienito com aegirina-augita, levam a indicar a área como favorável para prospecção de rochas alcalinas e associadas (carbonatitos e kimberlitos).” “Outros elementos com valores altos e deple-

tados nos carbonatitos, como Co, Ni, Sc, Ti, V e Zr, por exemplo, podem refletir litologias como as rochas vulcânicas básicas e ácidas ocorrentes na área.”

A área denominada NE Bagé ocorre no leste da Folha Bagé, e sobre esta área o relatório do Projeto Geoquímica do Escudo Sul-Riograndense afirma: “A região situada a nordeste da cidade de Bagé mostra valores elevados para Ba e V. A associação Ba-V é comum no ambiente sedimentar, em óxidos de manganês. O Vanádio também é elemento frequente em associações com rochas básicas, e também em associações comuns em carbonatitos, o mesmo ocorre com Bário. O Bário também é formador de ganga comum em depósitos de veios e de sulfetos maciços.” “Cabe destacar que o Ba também ocorre na barita em veios nas principais ocorrências de minerais base e preciosos do Escudo. As porções do norte e do sul com altos valores do parâmetro F desta área indicam uma continuidade na prospecção nestes alvos.”

A área Pedras Altas se situa no leste da Folha Passo São Diogo, sobre ela o relatório do Projeto Geoquímica do Escudo Sul-Riograndense afirma: “A região de Pedras Altas apresenta concentrações mais destacáveis de Ce/Cu/Fe/Li/Mg/P/Sc/Ti/V/Zr. Enriquecimento de Fe/Ti/V/Mg/Cu são observados em depósitos destes bens minerais.” “Nesta área, os elementos enriquecidos Cu, Fe, Mg, P, Sc, Ti e V não refletem as litologias dominantes na cartografia disponível. As zonas transcorrentes, os corpos magnéticos e os valores elevados do parâmetro F disseminados na área recomendam o adensamento da amostragem de sedimentos de corrente.”

A área denominada Herval se situa fora, mas junto ao leste da Folha Curral de Pedras. Sobre ela discorre o relatório do Projeto Geoquímica do Escudo Sul-Riograndense: “Nesta área podem ser observados valores elevados, na categoria dos maiores valores na área trabalhada, para os elementos Bi (poucos valores), Fe e K (também em poucas amostras), um único valor significativo de P, Rb em poucas amostras, Tb (que também ocorre a norte de Herval), Tl e U nas faixas logo abaixo da maior faixa de valores. Também se observa um valor elevado de V e alguns valores altos para Zr.”

A Folha Igrejinha, na área mapeada, ocupa cerca de 2.600 km², sendo limitada em superfície pela fronteira com o Uruguai. A Folha Bagé é a única com área total (~2.643 km²) no território nacional. As demais folhas levantadas pela CPRM também apresentam diferentes coberturas no Brasil (Passo São Diogo: 2.629 km²; Aceguá: 1.538 km²; e Curral de Pedras: 957 km²), sendo o restante das áreas ocupado pela República Oriental do Uruguai. Foram coletadas e enviadas para análise 694 amostras de sedimentos de corrente, sendo 201 na folha Passo

São Diogo, 179 na Bagé, 151 na Igrejinha, 81 na Aceguá e 82 na Curral de Pedras.

As densidades de amostragem variaram, também em função, dentre outros fatores, da presença de sedimentos mais recentes. A densidade global

média foi de aproximadamente uma amostra a cada 15km², variando como segue: 1/19 km² na Folha Aceguá, 1/15 km² na Bagé, 1/13 km² na Passo São Diogo, 1/12 km² na Curral de Pedras e 1/17 km² na Igrejinha.

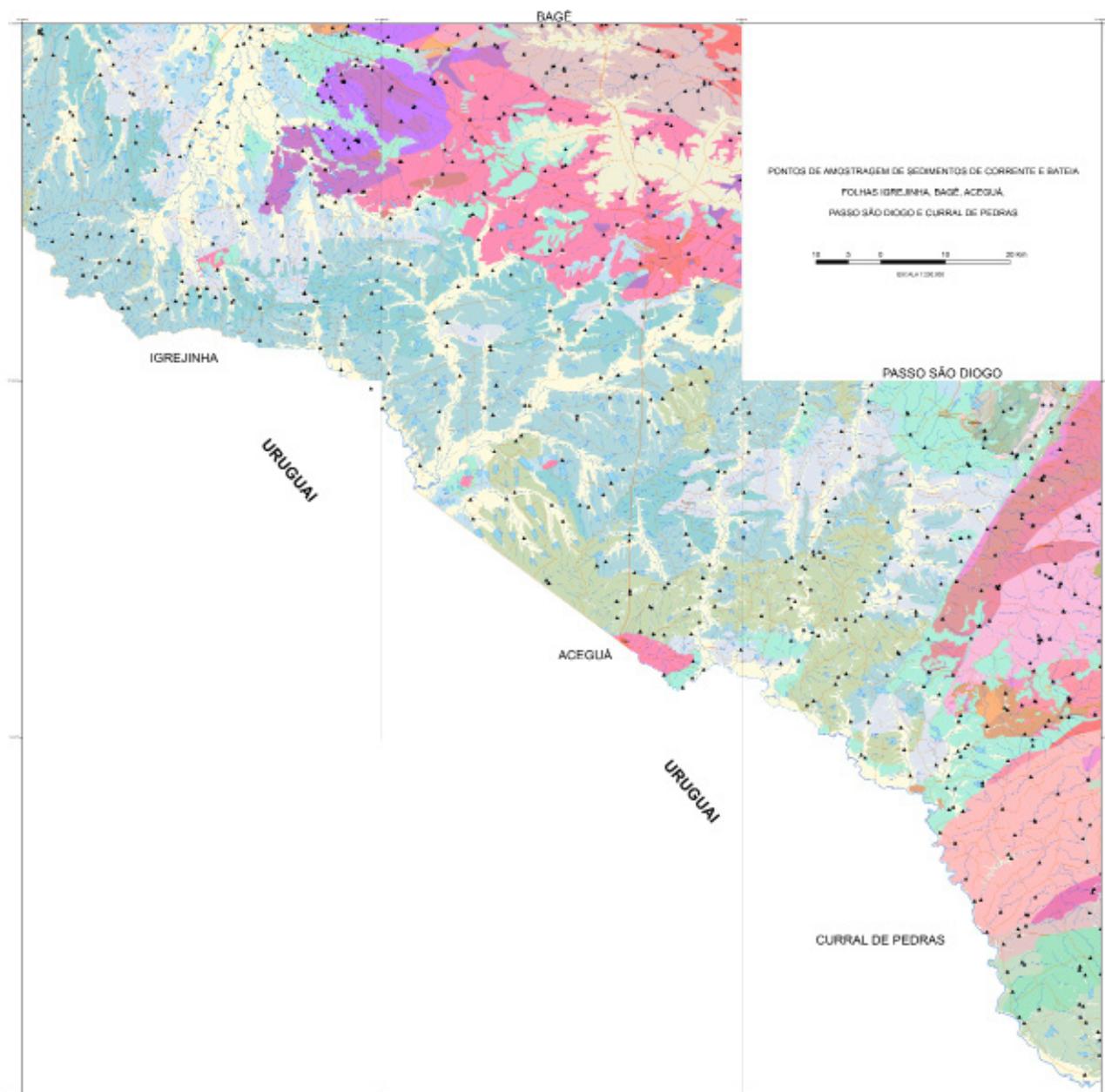


Figura 31 - Mapa com a distribuição da amostragem de sedimentos de corrente e concentrados de bateia nas folhas Igrejinha, Bagé, Aceguá, Passo São Diogo e Curral de Pedras (escala 1:100.000).

6.1.2. Metodologia

6.1.2.1. Metodologia de Campo

A fração granulométrica das amostras de sedimento de corrente foi estabelecida em <80# (0,175 mm), com uma quantidade mínima de material de 3 Kg, sendo a preparação das amostras executada nos

laboratórios da CPRM na Superintendência Regional de Porto Alegre. Uma fração contendo entre 30 a 50 g de material de cada amostra foi encaminhada ao laboratório para análise, e seu complemento armazenado. As amostras coletadas (fração <80#) foram analisadas nos laboratórios da ACMELabs (Vancouver, Canadá) por ICP-MS no pacote "Group 1F-MS" para 53 elementos, com abertura através de água régia.

6.1.2.2. Metodologia Analítica e Tratamento estatístico dos Dados

A metodologia de análise dos dados seguiu a mesma adotada no projeto Geoquímica do Escudo Sul-Riograndense, iniciando com uma análise individual, por elemento químico analisado, definindo-se os limites de classes de valores pela metodologia EDA (*Exploratory Data Analysis*, descrita em ANDRIOTTI, 2010), aplicando-se os limites definidos nas *box plots* individuais para estabelecimento de classes de valores.

Definindo-se IQR como sendo o intervalo interquartil (diferença numérica entre o terceiro quartil e o primeiro quartil), e levando-se em consideração os demais parâmetros como sendo a mediana e os próprios quartis supra citados, e denominando o primeiro quartil como Q I e o terceiro quartil como Q III, as classes definidas foram:

- desde o mínimo valor presente até (Q I - 1,5 IQR), correspondendo aos valores mais baixos da distribuição
- deste valor até a mediana
- desde a mediana até Q III
- de Q III até (Q III + 1,5 IQR)
- deste valor até o maior valor presente nos dados, o valor (Q III + 1,5 IQR) pode ser tratado como o *threshold* dos dados disponíveis, por representar a classe de valores mais elevados no conjunto dos dados disponíveis. As classes são todas definidas apenas em função de valores da própria distribuição, não levando em conta nenhum parâmetro de distribuição estatística subjacente aos dados.

Com base nessas faixas de valores foram gerados mapas por elemento químico, assinalando cada classe de valores com simbologia apropriada definida na legenda, idêntica para todos os elementos tratados. É importante ressaltar que nem todas essas classes estão presentes em todas as variáveis estudadas, em função da distribuição dos valores de cada uma delas. Estes mapas e seus resultados são comentados neste relatório. Esta etapa está aqui designada como Estatística Univariada e trata cada elemento químico analisado individualmente, sem considerar suas interações com os demais.

Alguns elementos químicos analisados apresentaram uma quantidade de amostras muito elevada com resultados referidos como menores que o seu limite inferior de detecção. Assim, comentários sobre sua distribuição nas áreas trabalhadas representam, em vários destes casos, apenas o registro de sua ocorrência em valores superiores a este limite inferior de detecção. Merecem registro os casos de B e Ta, com 494 dos 695 resultados abaixo deste limite, ou seja, cerca de 71% dos dados nesta situação, W (485 dados, ou 70%, abaixo do valor inferior de detecção do método), Pd (490 valores, 70%), Ge (474

valores, 68% do total), Re (431 dados, 62% do total), Pt (405 dados, 58% do total), In (394 dados, 57% do total), Te (361 dados, 52% do total), S (341 dados, 49% do total) e Se (318 dados, 46% do total), além de outros elementos com boa quantidade de valores abaixo do limite inferior de detecção do método mas ainda passíveis de tratamento estatístico sem problemas na mesma dimensão dos acima citados, são os casos de ouro, com 129 valores qualificados (denominação dada a este tipo de resultado), ou seja, cerca de 18% do total dos dados obtidos, Hg (105 dados, 15% do total), Sb com 92 resultados qualificados (13% do total) e Hf (86 resultados, num total de 12% sobre o total enviado para análise).

Outra etapa da análise é o estudo das correlações lineares presentes, em que se busca ressaltar aquelas relações que, por sua magnitude, merecem algum destaque, elas são divididas em faixas também (superiores a 0,70, superiores a 0,80 e superiores a 0,90 em magnitude, tanto positivas quanto negativas).

Uma etapa também trabalhada foi a da Estatística Multivariada, incluindo Análise de Agrupamentos e Análise de Componentes Principais, em que se busca identificar agrupamentos e associações de variáveis porventura existentes nos dados analisados.

Tendo em vista que as cinco folhas são contíguas, e que a geologia das mesmas é caracterizada pelas mesmas unidades litoestratigráficas e pelos mesmos padrões estruturais, foi feita uma análise integrada, que permite a verificação do conhecimento do comportamento geoquímico (paisagem geoquímica) na região como um todo.

6.1.3. Descrição do comportamento individual dos elementos químicos

O ouro ocorre de forma muito distribuída em toda a região, e suas concentrações mais elevadas ocorrem no nordeste de Bagé, com muitos pontos isolados e em pequenas concentrações (em quantidade de amostras) em toda a área da folha Aceguá.

Bi é notado no noroeste de Passo São Diogo, em continuidade da faixa de valores mais altos para o nordeste de Aceguá, o que também ocorre com Sb.

Cd e Cr repetem Bi de forma aproximada no que diz respeito à distribuição de seus valores mais elevados, com destaque para o noroeste de Passo São Diogo continuando até Aceguá. Co e Ce repetem, de forma aproximada, este comportamento, mas em Aceguá os valores da classe superior se estendem mais para o oeste da folha.

Cobre também se faz presente em valores maiores no Passo São Diogo e se estende para oeste até a Folha Aceguá.

Hg aparece no noroeste de Passo São Diogo indo até Aceguá.

Mn aparece espalhado em muitos locais em todas as cinco folhas, repetindo-se em Pedras Altas, no noroeste de Bagé, no centro de Igrejinha e no extremo sul de Cural de Pedras, ou seja, naquelas áreas com maior repetição de concentração de valores elevados de diversos elementos ele também ocorre na sua faixa de valores mais elevada. Mg ocorre em poucos pontos isolados.

Molibdênio é importante no noroeste de Passo São Diogo, indo até a Folha Aceguá. Sódio ocorre no Passo São Diogo até a Folha Aceguá.

Chumbo ocorre no noroeste de Passo São Diogo até Aceguá.

Platina ocorre em pontos isolados, apenas em dois locais merece registro mais importante, no oeste de Passo São Diogo e no oeste de Aceguá.

O elemento enxofre pode ser resultado de fatores inclusive não naturais na área.

Alguns dos elementos analisados têm concentrações na faixa superior mais restrita, poucos pontos e em locais isolados, sem maiores associações registradas. É o caso de Tl (no oeste de Passo São Diogo e até a Folha Aceguá).

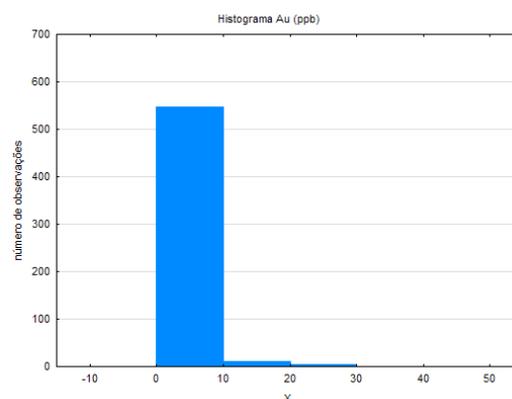
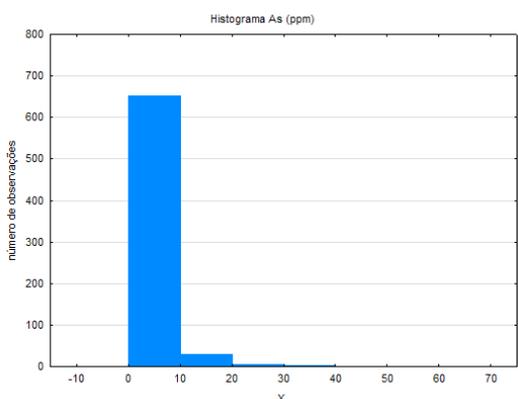
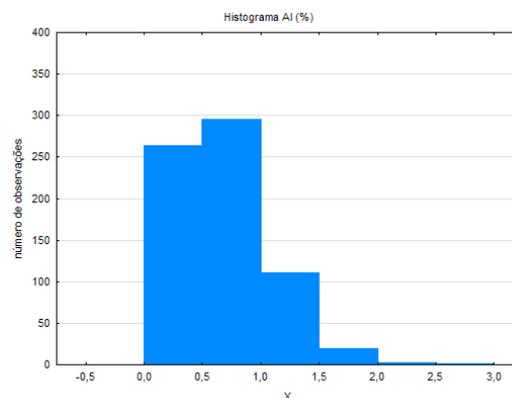
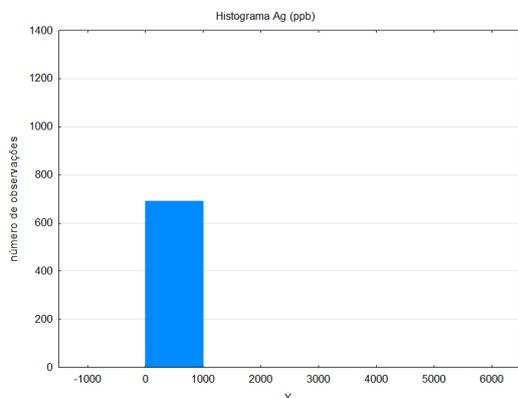
Sr ocorre desde o noroeste do Passo São Diogo até a Folha Aceguá.

No presente relatório são apresentados os histogramas obtidos para algumas variáveis pelo tratamento estatístico dos dados disponíveis, englobando as cinco folhas trabalhadas. Em termos de zonas de maior concentração conjunta de valores elevados para diversos elementos, quando do estudo univariado, cabe ressaltar a zona situada no leste da Folha Passo São Diogo e indo até a Folha Aceguá, área mapeada como Formação Rio Bonito, Formação Teresina e Formação Rio do Rasto, esta zona está a oeste da mina de carvão de Candiota, nessa zona também ocorrem valores significativos de alguns elementos. Na porção mais próxima à mina de carvão de Candiota a ação antrópica pode ter contribuído com algumas alterações de valores.

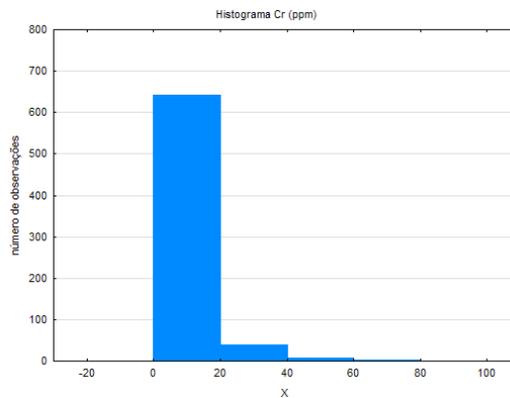
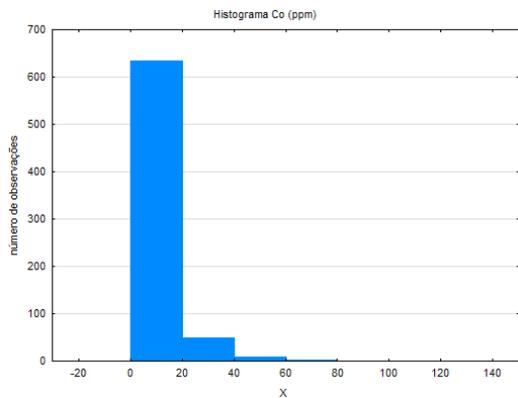
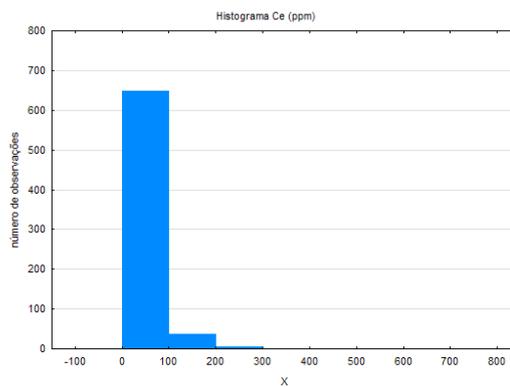
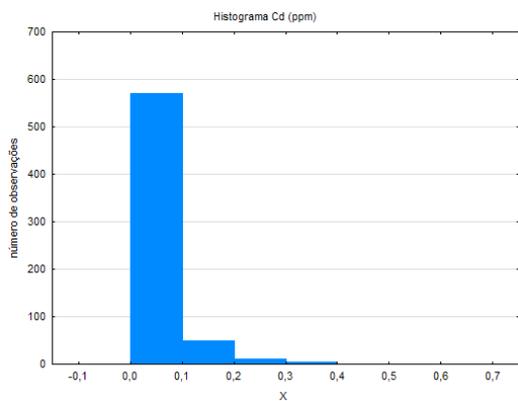
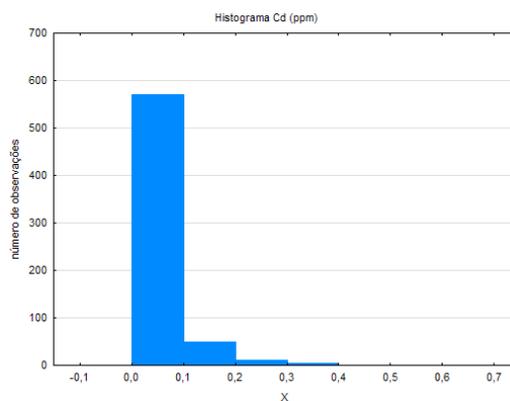
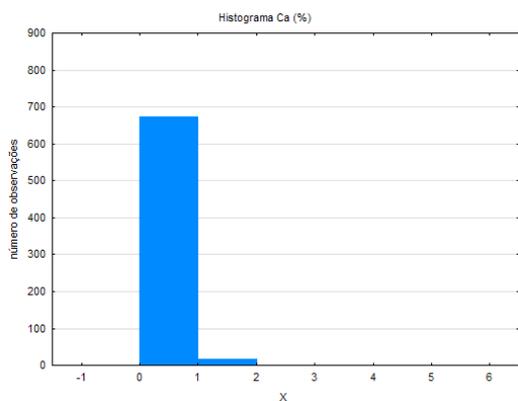
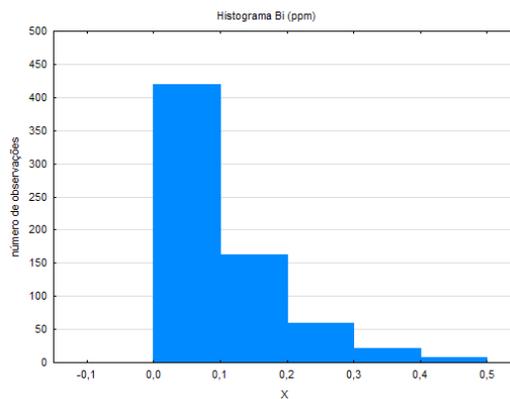
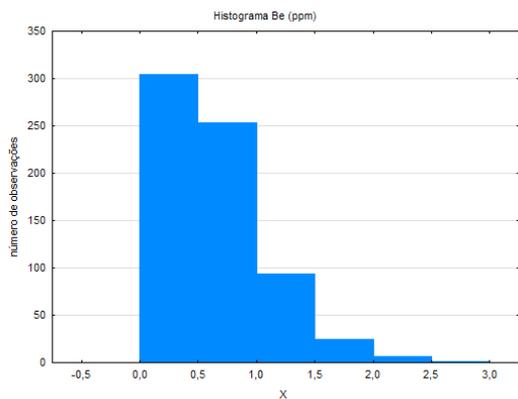
De modo geral, comparativamente com os resultados obtidos no Escudo Sul-Riograndense, os valores dos resultados analíticos de sedimentos de corrente destas áreas objeto do presente estudo foram bem mais elevados para Nb, Sn, e Th, e bem mais baixos para Ba, Ca e Sr no que no Escudo Sul-Riograndense como um todo.

São apresentados, no presente relatório, histogramas dos principais elementos tratados estatisticamente e tabela (Tabela 1) com os parâmetros estatísticos principais destas variáveis.

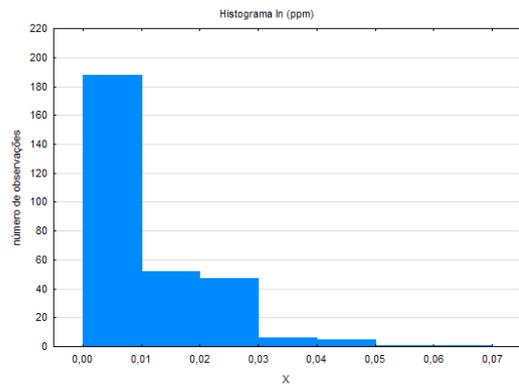
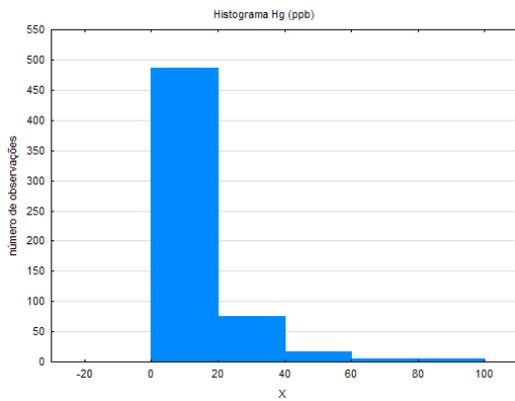
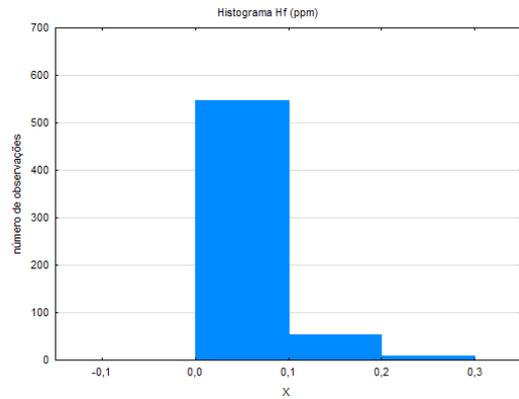
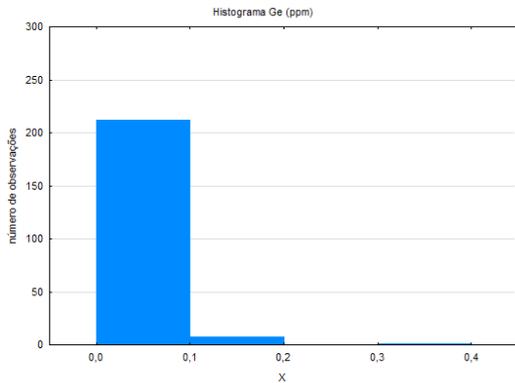
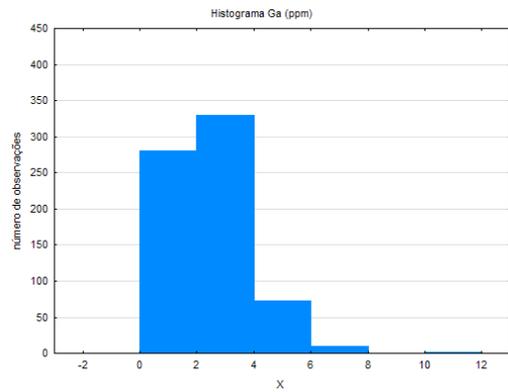
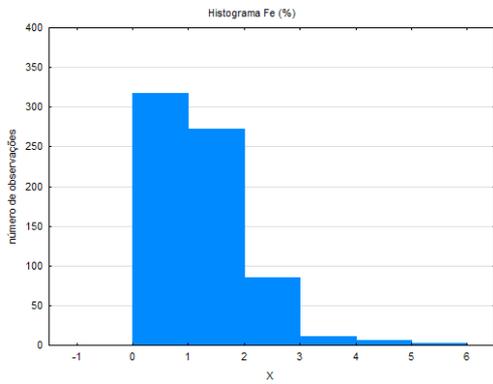
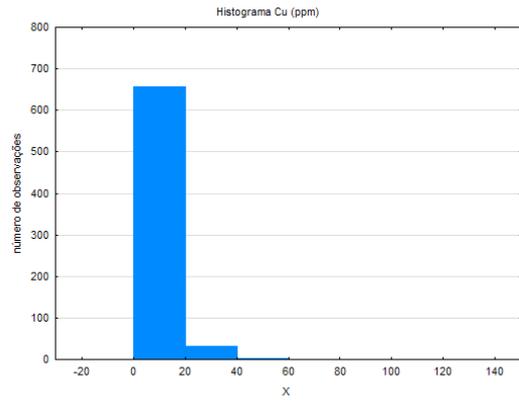
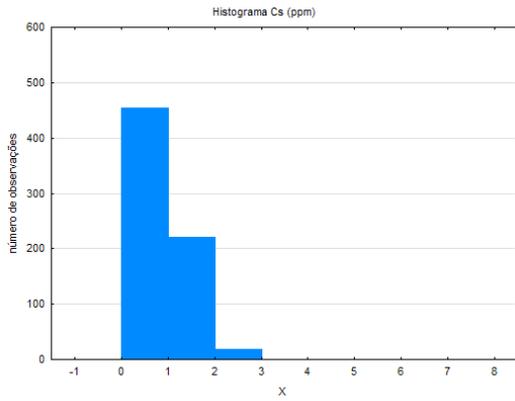
Histogramas dos principais elementos analisados



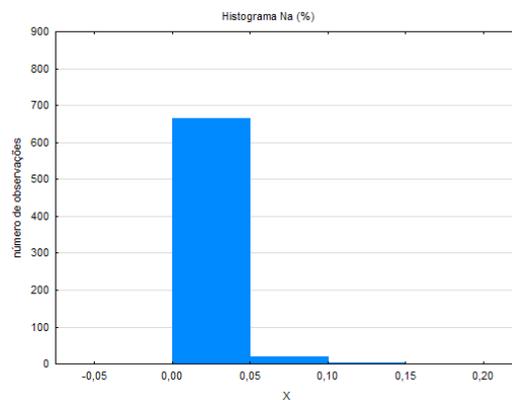
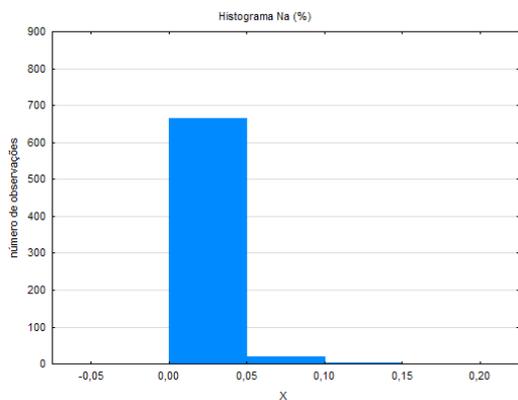
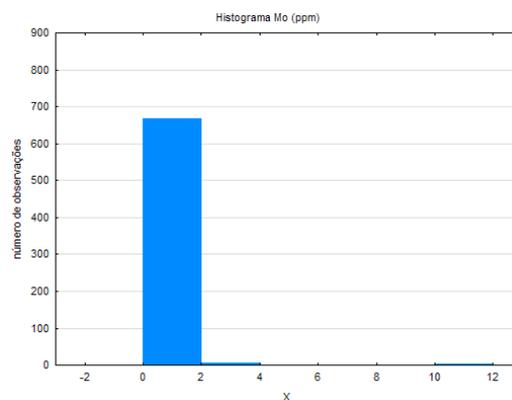
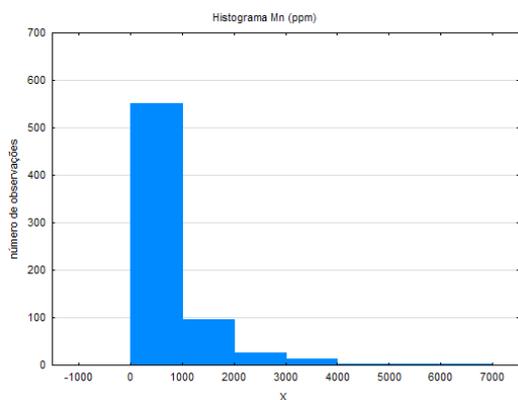
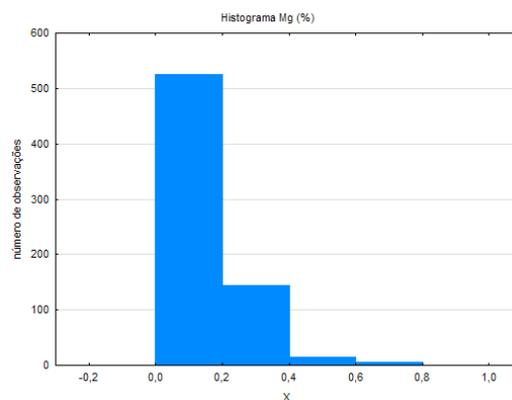
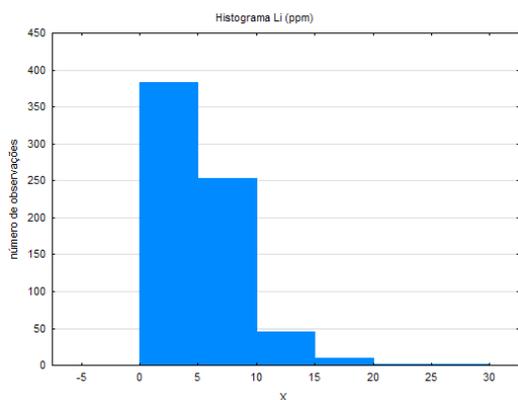
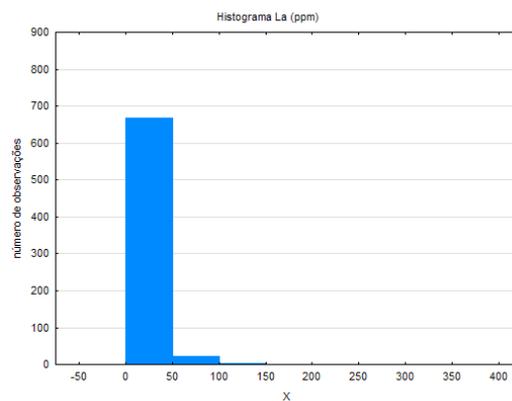
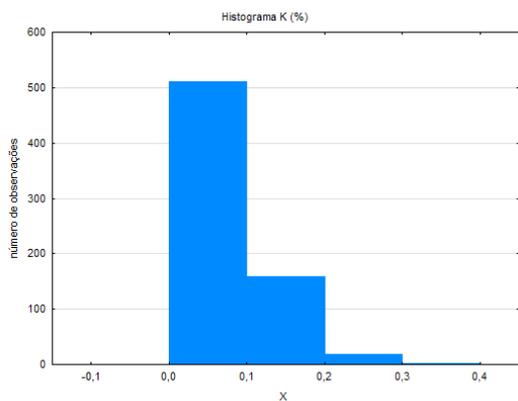
continua



continua

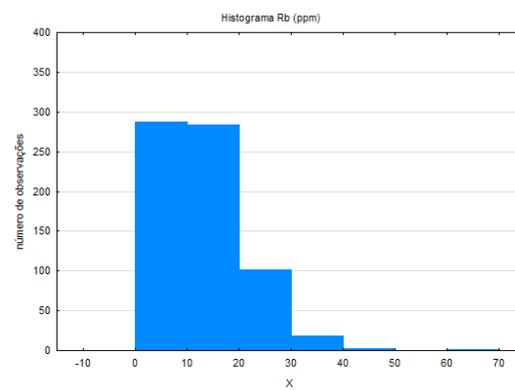
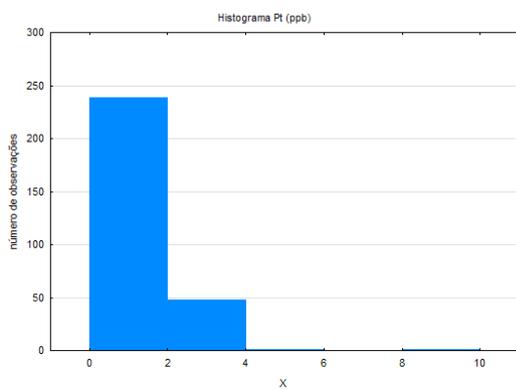
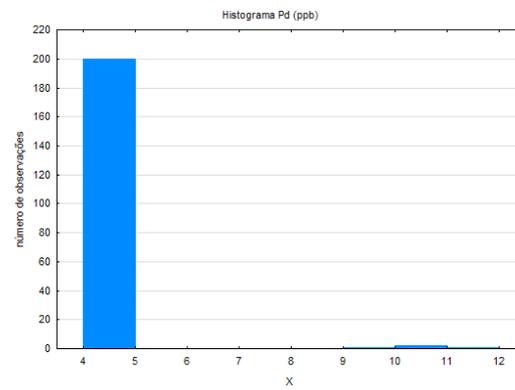
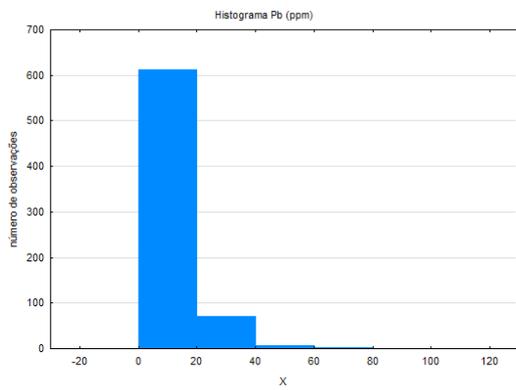
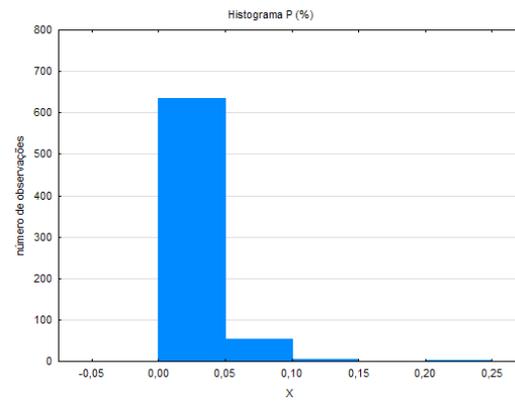
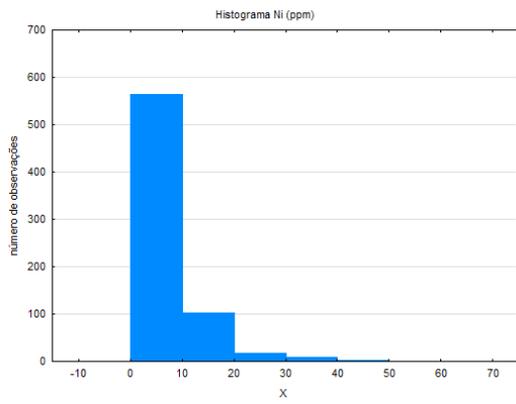
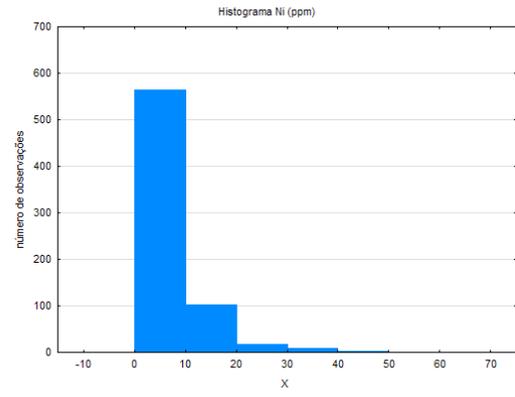
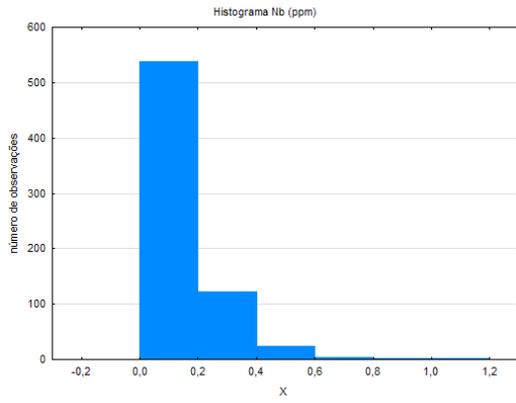


continua

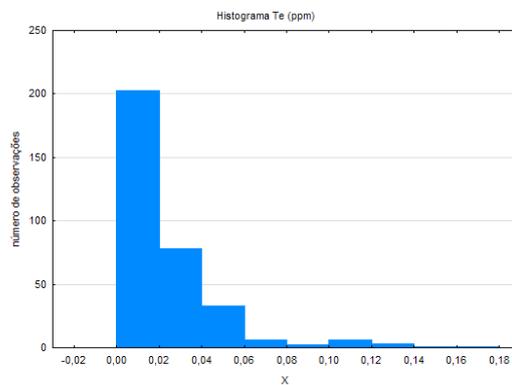
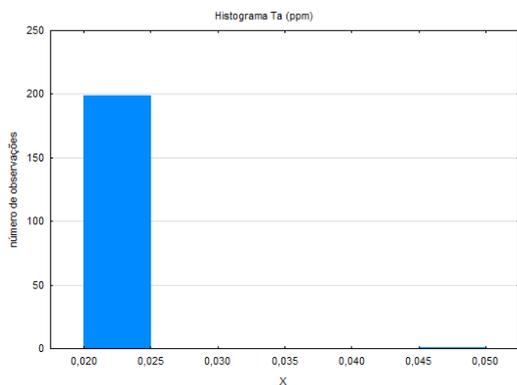
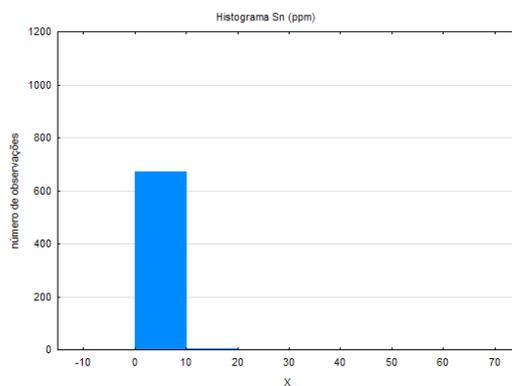
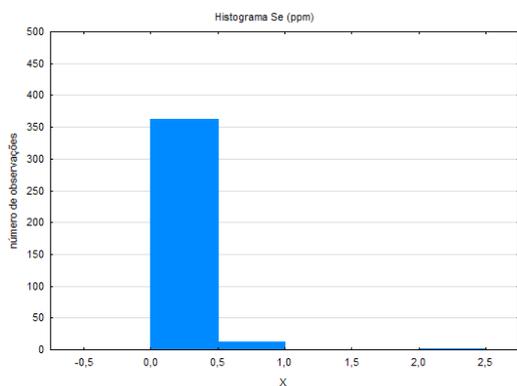
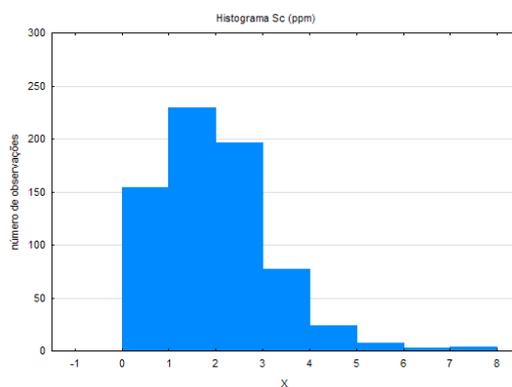
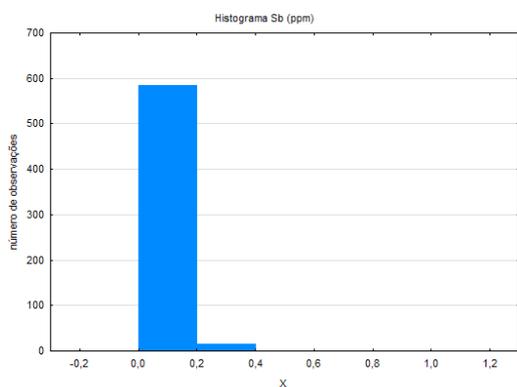
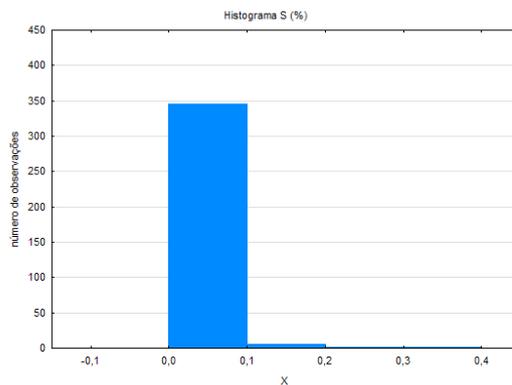
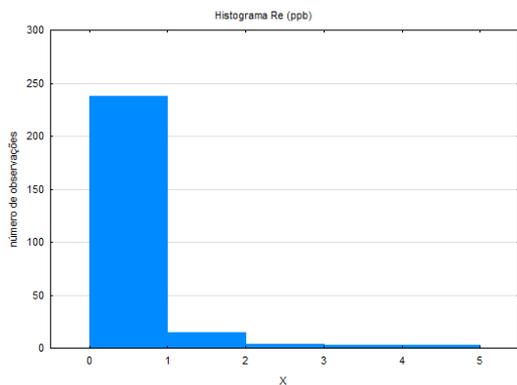


continua

Geologia e Recursos Minerais da Folha Aceguá



continua



continua

Geologia e Recursos Minerais da Folha Aceguá

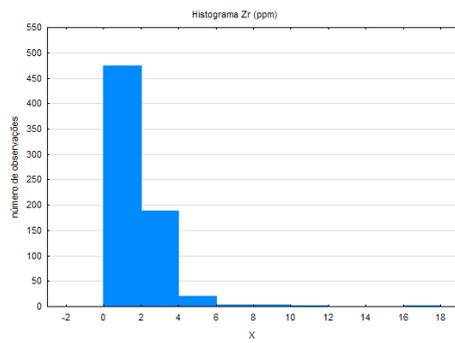
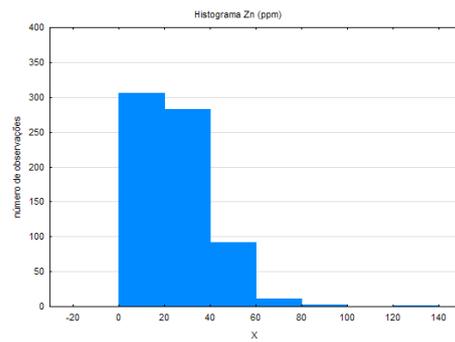
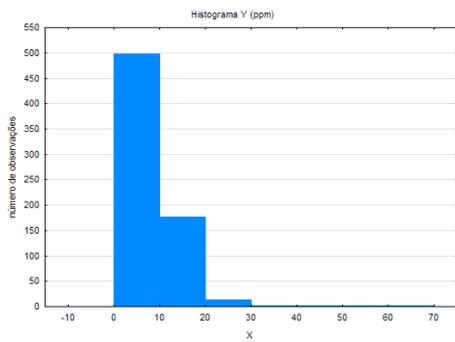
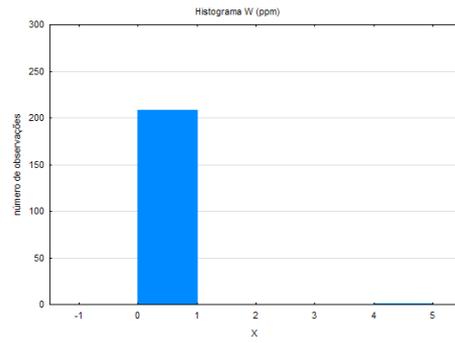
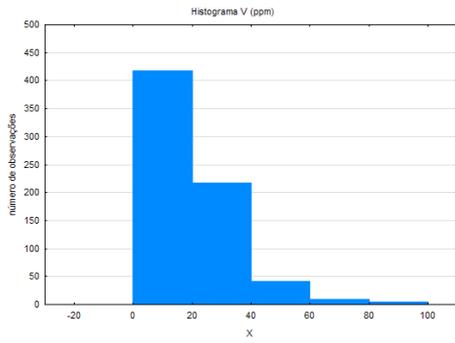
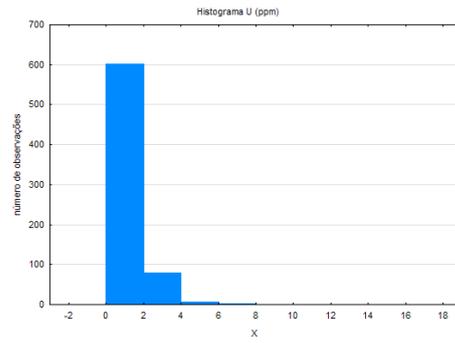
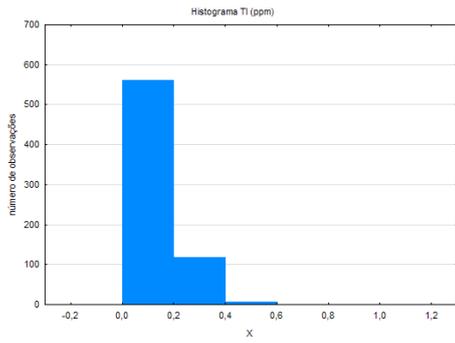
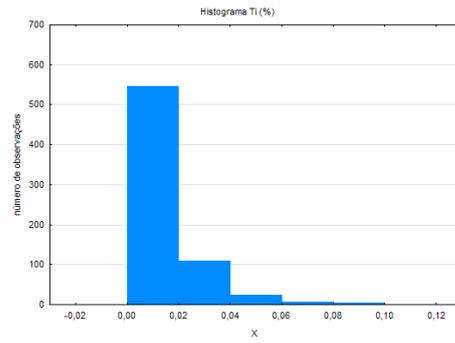
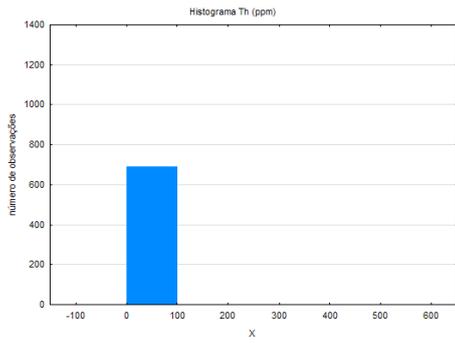


Tabela 1 - Tabela com os parâmetros principais das variáveis geoestatística

Variável	Nº	Média	Mediana	Mínimo	Máximo	I Quartil	III Quartil	Range	IQR
Ag (ppb)	694	34,70	18,00	2,00	5777,00	12,00	28,00	5775,0	16,00
Al (%)	694	0,69	0,65	0,05	2,68	0,38	0,93	2,6	0,55
As (ppm)	691	3,77	2,50	0,20	66,20	1,40	4,40	66,0	3,00
Au (ppb)	565	1,71	0,70	0,10	42,70	0,30	1,40	42,6	1,10
B (ppm)	200	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00	0,0	0,00
Ba (ppm)	694	208,67	134,75	6,20	2987,30	84,50	247,30	2981,1	162,80
Be (ppm)	683	0,69	0,60	0,05	2,60	0,30	0,90	2,6	0,60
Bi (ppm)	668	0,10	0,08	0,01	0,46	0,04	0,15	0,5	0,11
Ca (%)	693	0,28	0,20	0,01	5,16	0,10	0,35	5,2	0,25
Cd (ppm)	635	0,05	0,03	0,01	0,63	0,02	0,06	0,6	0,04
Ce (ppm)	694	52,31	44,20	3,20	725,90	26,20	64,70	722,7	38,50
Co (ppm)	694	9,52	7,25	0,30	126,60	4,00	11,40	126,3	7,40
Cr (ppm)	694	9,07	7,10	0,70	93,40	4,30	9,80	92,7	5,50
Cs (ppm)	694	0,88	0,83	0,12	7,40	0,50	1,15	7,3	0,65
Cu (ppm)	694	7,68	5,47	0,64	120,72	3,38	9,41	120,1	6,03
Fe (%)	694	1,24	1,07	0,08	5,61	0,68	1,65	5,5	0,97
Ga (ppm)	694	2,47	2,30	0,20	10,50	1,40	3,30	10,3	1,90
Ge (ppm)	220	0,06	0,05	0,05	0,40	0,05	0,05	0,4	0,00
Hf (ppm)	608	0,06	0,05	0,01	0,30	0,03	0,07	0,3	0,04
Hg (ppb)	589	14,22	11,00	2,50	100,00	6,00	17,00	97,5	11,00
In (ppm)	300	0,02	0,01	0,01	0,07	0,01	0,02	0,1	0,01
K (%)	690	0,08	0,07	0,01	0,36	0,04	0,11	0,4	0,07
La (ppm)	694	22,30	19,10	1,00	365,80	11,90	27,90	364,8	16,00
Li (ppm)	694	5,22	4,70	0,20	26,20	2,40	7,20	26,0	4,80
Mg (%)	692	0,15	0,12	0,01	0,95	0,06	0,20	0,9	0,14
Mn (ppm)	693	761,00	510,00	26,00	6404,00	282,00	874,00	6378,0	592,00
Mo (ppm)	677	0,35	0,23	0,01	11,47	0,12	0,41	11,5	0,29
Na (%)	688	0,01	0,01	0,00	0,18	0,01	0,02	0,2	0,01
Nb (ppm)	691	0,15	0,12	0,02	1,03	0,07	0,19	1,0	0,12
Ni (ppm)	694	6,72	4,80	0,50	65,00	2,80	8,30	64,5	5,50
P (%)	694	0,03	0,02	0,00	0,25	0,01	0,03	0,2	0,02
Pb (ppm)	694	11,34	9,21	1,19	114,04	5,43	14,54	112,9	9,11
Pd (ppb)	204	5,12	5,00	5,00	12,00	5,00	5,00	7,0	0,00
Pt (ppb)	289	1,61	1,00	1,00	10,00	1,00	2,00	9,0	1,00
Rb (ppm)	694	12,92	11,80	0,60	63,10	6,20	17,90	62,5	11,70
Re (ppb)	263	0,80	0,50	0,50	5,00	0,50	1,00	4,5	0,50
S (%)	353	0,02	0,01	0,01	0,36	0,01	0,03	0,4	0,02
Sb (ppm)	602	0,06	0,04	0,01	1,03	0,02	0,07	1,0	0,05
Sc (ppm)	694	2,04	1,90	0,20	7,50	1,20	2,70	7,3	1,50
Se (ppm)	376	0,20	0,20	0,05	2,10	0,10	0,20	2,1	0,10
Sn (ppm)	676	0,79	0,50	0,10	62,30	0,30	0,70	62,2	0,40
Sr (ppm)	694	41,59	26,00	0,70	2703,30	15,00	45,20	2702,6	30,20
Ta (ppm)	200	0,03	0,03	0,03	0,05	0,03	0,03	0,0	0,00
Te (ppm)	333	0,03	0,02	0,01	0,17	0,01	0,03	0,2	0,02
Th (ppm)	694	6,98	4,10	0,30	543,20	2,30	6,30	542,9	4,00
Ti (%)	693	0,01	0,01	0,00	0,11	0,00	0,02	0,1	0,01
Tl (ppm)	689	0,13	0,11	0,01	1,05	0,06	0,18	1,0	0,12
U (ppm)	693	1,23	1,00	0,05	16,30	0,52	1,60	16,3	1,08
V (ppm)	692	20,54	17,00	1,00	93,00	11,00	27,00	92,0	16,00
W (ppm)	209	0,07	0,05	0,05	4,50	0,05	0,05	4,5	0,00
Y (ppm)	694	8,03	6,96	0,58	62,53	4,11	10,40	62,0	6,29
Zn (ppm)	694	24,69	22,20	1,40	121,20	13,00	33,00	119,8	20,00
Zr (ppm)	694	1,81	1,50	0,20	16,40	0,90	2,30	16,2	1,40

6.1.4. Tratamento dos Dados e Resultados Obtidos

6.1.4.1. Correlações Lineares

A simples tabulação dos valores de correlação linear classifica estas associações por ordem de grandeza como segue:

Coefficientes de correlação maiores que 0,90: Ag/Sn, Al/Ga, Al/Sc e Hf/Zr

Coefficientes de correlação maiores que 0,80: Sc/Ga, Li/Ga, Co/Mn e Li/Mg

Coefficientes de correlação maiores que 0,70: ocorrem em muito maior quantidade, são Ga/Mg, As/Cd, Cs/Rb, Bi/Tl, Sc/Zn, Al/Mg, Fe/V, As/Pb, As/Co, Al/Li, Fe/Zn, Al/Zn, Cs/Li, Co/Ni, Rb/Tl, Fe/Sc, Cd/Pb, Co/Pb, As/Mn, Li/Zn, Be/Sc, Al/Rb, As/Sb, Be/Y e Be/Zn.

Estes valores dos coeficientes de correlação linear são estatisticamente significativos porque resultam de uma grande quantidade de valores utilizados. Deve ser salientado, entretanto, que as correlações lineares foram determinadas incluindo-se as influências de todos os grupos litológicos que contribuíram até os pontos de coleta das amostras enviadas para análise, com mistura de rochas máficas e diques básicos com áreas de rochas graníticas e sedimentares. Nesta diversidade litológica, correlações como Co x Ni, apenas como exemplo, mostram significativa diversidade. Apenas estudos de correlações lineares em mais detalhe, separando contribuições das bacias de captação para cada amostra, poderiam representar com mais acuracidade as correlações internamente às unidades mapeadas.

6.1.4.2. Estatística Multivariada

Neste tipo de análise, por haver interação entre todas as variáveis, a retirada de variáveis com elevado índice de valores qualificados permite que se verifique com maior representatividade em área as interrelações presentes entre as variáveis tratadas. Onze destas variáveis foram retiradas pelo seu alto percentual de valores qualificados (B, Ta, W, Pd, Ge, Re, Pt, In, Te, S e Se), mais Au, Hg, Sb e Hf para aumentar significativamente a quantidade de amostras incluídas, com o fito de obter representatividade em grande parte da área de trabalho.

Mantendo-se Au e Hg, por exemplo, se obtém escores em 430 amostras, e com a retirada desses elementos do tratamento multivariado, o número de amostras incluídas sobe para 614, ou seja, cerca de 88% das amostras são representadas no tratamento, contra os cerca de 62% da situação anterior. Por não apresentarem diferenças significativas optou-se por privilegiar uma maior quantidade de amostras incluídas, com maior cobertura em área. Assim, os resulta-

dos de estatística multivariada são referidos em uma base com 38 variáveis, ressaltando-se novamente a não significância da exclusão das variáveis excluídas por serem os resultados obtidos com elas similares aos obtidos com sua exclusão.

6.1.4.3. Análise de Componentes Principais

Oito componentes principais foram retidas para estudo, executando-se Análise Fatorial com elas e introduzindo-se Rotação Varimax, o que aumentou a adesão das variáveis aos eixos de explicação percentual dos mesmos. Na retenção foi adotado o critério de escolher apenas as componentes principais que tivessem autovalores maiores ou iguais a um. Mesmo nestes retidos há componentes principais com pouco percentual de explicação sobre a variabilidade total dos dados. Se considerarmos que foram retidas 38 variáveis, cada variável representaria em torno de 2,6% da variabilidade total dos dados (dado médio teórico, uma vez que variáveis com maior variabilidade podem explicar um percentual maior). Se considerarmos que foram retidas 38 variáveis, cada variável representaria em torno de 2,6% da variabilidade total dos dados (dado médio teórico, uma vez que variáveis com maior variabilidade podem explicar um percentual maior). As duas primeiras novas variáveis geradas explicam, assim, em torno de 48,1% da variabilidade total dos dados trabalhados na Estatística Multivariada, o que permite se avaliar que a aplicação conseguiu um dos seus objetivos principais, que é a simplificação do problema com a diminuição de variáveis a serem tratadas. Na composição simplificada a seguir explicitada se reteve as variáveis cuja correlação com a componente retida superasse o valor de 0,70. Os escores fatoriais das cinco primeiras componentes foram estudados estatisticamente sob a ótica univariada, para cada um deles foi feita a mesma divisão em classes de valores que para as variáveis individuais (os elementos químicos analisados). Os resultados estão comentados junto com cada uma das componentes interpretadas.

A primeira componente principal é composta pela associação Al/Fe/Mg/Ni/Cr/Ga/Sc/ V/Zn. Esta associação, que mostra a relação estreita entre Ni, Cr, V e Fe, dentre outros elementos, pode indicar que os óxidos e os hidróxidos de Fe podem exercer controle na distribuição de Ni e Cr e que Cr e V juntos pode ser representativo de controle de minerais ferromagnesianos e/ou minerais argilosos. Esta associação pode representar o efeito dos minerais ferromagnesianos das rochas originárias das amostras, e também, representar a importância das frações mais finas nas mesmas. A associação Cr/Ni/Mg é significativa em áreas de rochas ultramáficas. Vanádio também se associa com zinco em alguns depósitos sulfetados.

A associação representada pela primeira componente principal pode refletir variações controladas pela quantidade de óxidos de ferro e de minerais argilosos nos sedimentos de corrente, também pode

refletir o *background* da área. Uma observação é a de que a associação Fe/Ni/Mg também é comum em muitos depósitos de sulfetos, podendo indicar sua adição por sistemas hidrotermais ao longo de zonas de falhas, por exemplo. Os valores mais elevados para esta associação se concentram em algumas zonas específicas, uma delas no norte de Bagé se estendendo até Igrejinha, em áreas drenadas de litologias variadas, como suítes Santo Afonso e Cerro Preto (ambas em Bagé) e formações Serra Alta e Irati em Igrejinha. Outra zona com concentração de valores mais altos para esta associação ocorre no sul de Passo São Diogo e norte de Curral de Pedras, em áreas drenadas com diques riolíticos, Suítes Dom Feliciano e Herval, Formação Cerro Chato; uma outra concentração de pontos ocorre em Aceguá, em áreas drenadas das formações Rio do Rasto e Teresina.

A segunda componente principal retida para interpretação é composta por As/Ba/Cd/ Co/Mn/Pb. A associação de As com Pb é utilizada como indicadora da presença de chumbo em quantidades importantes em certos locais, As é elemento relativamente móvel em ambientes oxidantes e pouco móvel em ambientes redutores, e pode indicar a presença de sulfetos na bacia de captação das amostras. A associação Mn/Co indica atividade de coprecipitação de óxidos de Manganês. Ba e Co, dentre outros, podem representar a ocorrência de óxidos de manganês nas rochas originais, também é associação comum de alguns desses elementos em metassedimentos. Esta componente apresenta valores importantes em 3 zonas principais, a maior delas em superfície, situada no oeste de Bagé e quase todo o norte e centro de Igrejinha, na área do Complexo Granulítico Santa Maria Chico principalmente, a outra zona importante ocorre desde Candiota e dali para oeste, até a Folha Aceguá, sobre rochas sedimentares, e a terceira zona importante ocorre no norte de Curral de Pedras, em rochas sedimentares também, mesmas unidades da zona anteriormente descrita.

A terceira variável hipotética gerada é composta pela associação Th/U/Zr, é uma associação que pode representar a contribuição das rochas graníticas na composição da amostra coletada, devendo ser lembrado que estes elementos também são comuns em zonas de ocorrência de rochas carbonatíticas, inclusive nas zonas mineralizadas. Também têm ocorrência comum nas proximidades de rochas greisenizadas a Sn, e em pegmatitos. Esta associação é indicativa da presença de rochas radioativas. Esta componente é importante no norte de Bagé, no Complexo Granulítico Santa Maria Chico, outra zona ocorre desde o sul de Passo São Diogo até Curral de Pedras, sobre rochas da Suíte Herval e do Granito Dionísio. As duas ocorrências principais em termos

de valores e de extensão superficial ocorrem, portanto, sobre rochas félsicas. Esta zona se repete na quarta componente principal, descrita a seguir, que tem, também, afinidade, em sua composição, com rochas graníticas.

A quarta variável gerada é formada por Cs/Rb/K. Os elementos Rb e Cs têm ocorrência comum em áreas de rochas greisenizadas a Sn e também nas proximidades de escarnitos a Sn. Esta associação é comum em rochas félsicas. Esta componente ocorre, além da zona descrita na componente anterior, também com poucos pontos na Folha Igrejinha, sobre rochas sedimentares.

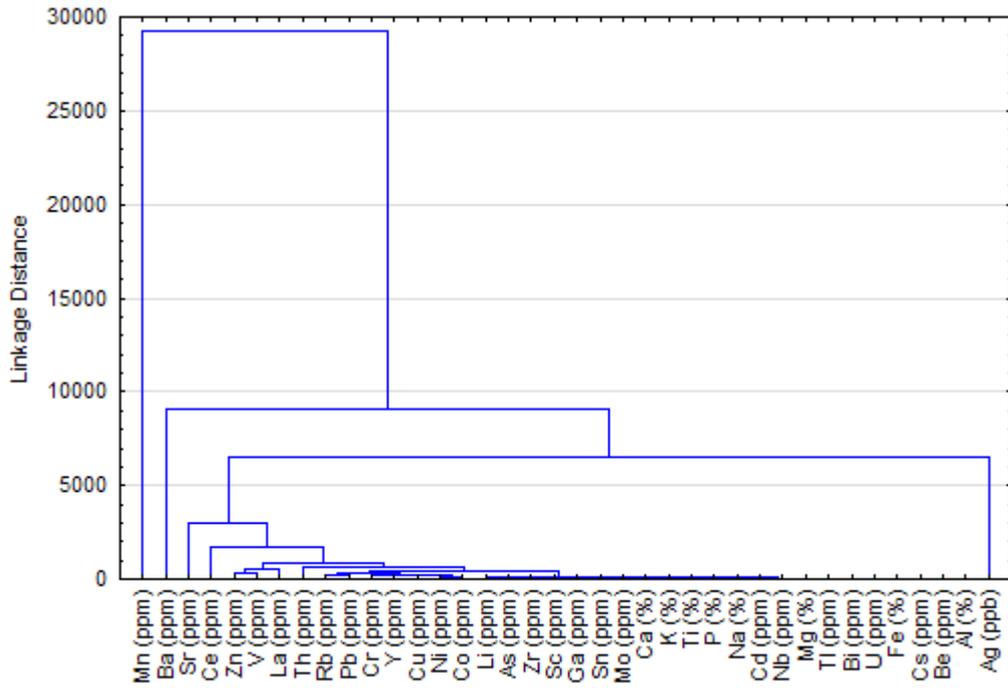
A quinta variável reflete o comportamento da associação dos elementos Ag e Sn. A presença de Sn em sedimentos de corrente tem a propriedade de representar bem a distinção entre granitos estaníferos e não estaníferos, e a presença de Ag em sedimentos de corrente em valores elevados pode ser indicativa da proximidade de depósitos sulfetados (a prata se associa, além do ouro, ao As e ao Sb em muitos depósitos minerais, também com Pb e Zn em depósitos sulfetados destes elementos). Esta quinta componente principal ocorre com grande extensão superficial e em valores mais elevados em toda a porção lesta das folhas Passo São Diogo e Curral de Pedras, delimitando perfeitamente a Suíte Herval e o Granito Dionísio, nesta zona existem muitos valores altos para esta associação, esta componente funciona praticamente como um marcador destas unidades. A outra zona onde esta associação ocorre é no Complexo Granulítico Santa Maria Chico. Afora essas duas concentrações, ocorrem mais alguns poucos pontos isolados e dispersos, sem marcar fortemente a presença de qualquer litologia ou unidade, como ocorre no Passo São Diogo e Curral de Pedras.

A sexta variável gerada reflete apenas o comportamento do sódio, a sétima não mostra correlação forte com nenhuma das variáveis originais utilizadas na análise, e a oitava variável gerada reflete o comportamento da associação Ce/La.

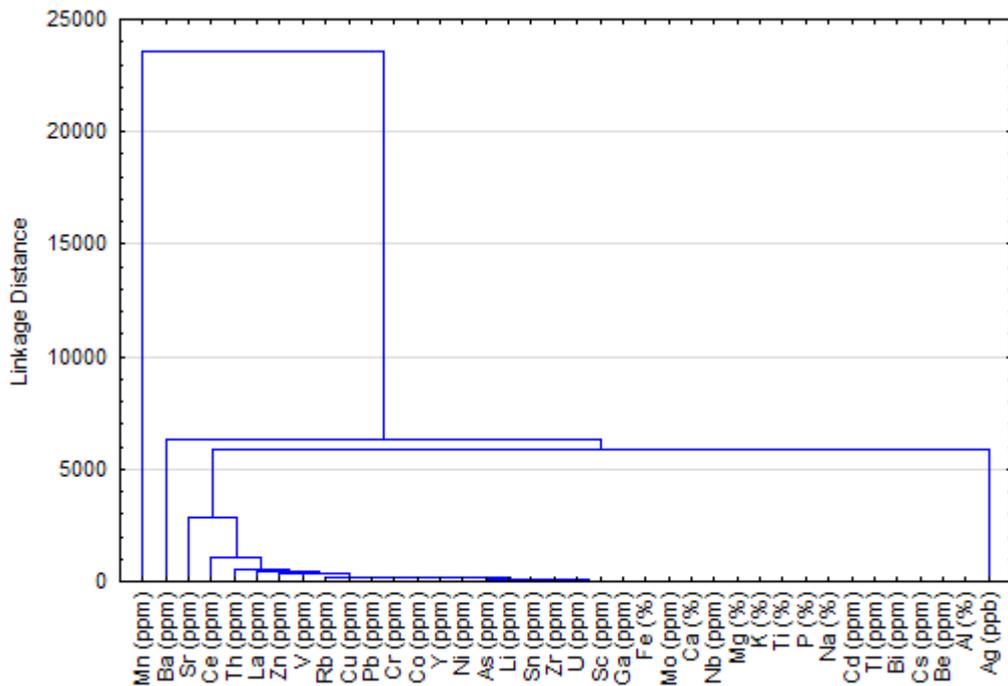
6.1.4.4. Análise de Agrupamentos

Foram testados agrupamentos pelos métodos *Complete Linkage*, *Single linkage* e *Ward*, conforme diagramas abaixo, observando-se, como marca mais importante, que Mn sempre se posiciona isoladamente, sem associações com as demais variáveis e Ba da mesma forma, embora em um dos métodos utilizados o Ba se associe com Ag. As demais variáveis não mostraram a formação de agrupamentos notáveis.

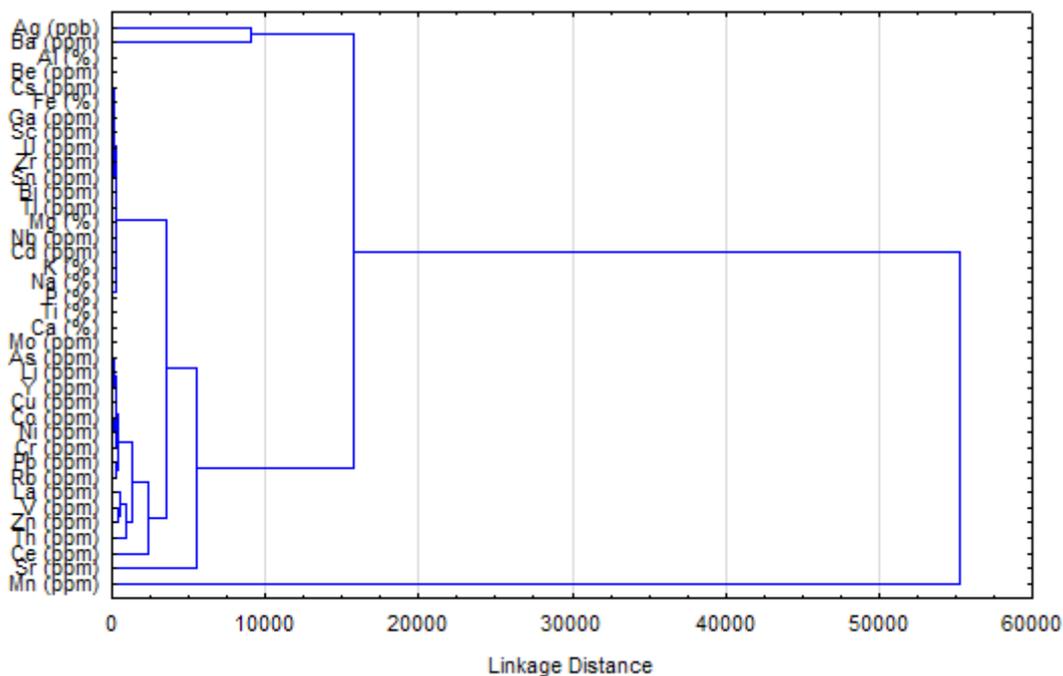
Complete Linkage



Single Linkage



Ward's Method



6.2. CONCENTRADOS DE BATEIA

6.2.1. Introdução

A pesquisa geoquímica dos concentrados de bateia tem como objetivo coletar os minerais resistentes e pesados das drenagens. Os trabalhos de amostragem para geoquímica de sedimento de corrente e bateia da CPRM – Serviço Geológico do Brasil envolvem o planejamento, coleta, preparação e processamento nos laboratórios Sureg-PA, análise mineralógica das amostras e o tratamento dos dados obtidos para a confecção do relatório final. Na folha Apeguá foram planejadas e coletadas 81 amostras numa área total de 1.538 Km² com uma densidade de 18,99 km²/am, na folha.

6.2.2. Metodologia de Coleta de Amostras no Campo

O planejamento prévio da prospecção aluvionar dos concentrados de bateia realizados pela empresa é definida em cartas plani-altimétricas na escala 1: 50.000 do DSG/IBGE. A drenagem traçada favorece a escolha dos locais de coleta das amostras. No mapa, os pontos são plotados numa densidade de amostragem de uma amostra para cada bacia hidrográfica com área aproximada de 10 km² pro-

curando distribuir a amostragem de forma homogênea por toda folha mapeada. Definido os pontos de amostragem é feita uma lista das coordenadas para facilitar o acesso da equipe no campo.

Os prospectores seguem para o campo e se dirigem aos alvos previamente definidos, munidos de GPS, carta topográfica 1: 50.000, bateia, peneira de malha 4 mm, balde 10 de litros, pá e sacos para embalar as amostras. As coletas são executadas nos aluviões, dentro do leito ativo da drenagem, em locais onde os minerais pesados preferencialmente se acumulam chamados de armadilhas (*trap*). Isto ocorre normalmente em zonas internas de curvas de rios ou na confluência destes, também os minerais pesados se acumulam em depressões, marmitas, poços e remansos imediatamente após corredeiras ou cachoeiras, além de locais nas imediações de obstáculos como veios, diques e matacões no leito da drenagem.

Os concentrados de bateia são obtidos a partir de um volume inicial de 20 litros, da fração grossa do sedimento aluvionar ativo, horizonte mais favorável ao acúmulo dos minerais pesados. Após o peneiramento com descarte do material de granulometria mais grossa do que 4 mm, o passante, menor que 4 mm é bateado para remoção dos minerais leves, normalmente quartzo, feldspatos e micas. O volume e peso final de cada concentrado dependem da geologia local da área amostrada. Os dados de campo com coordenadas e altitude são anotados em caderneta padrão da empresa.

6.2.3. Preparação das Amostras no Laboratório

Os concentrados de bateia são processados e analisados no Laboratório de Sedimentologia da SUREG-PA. Inicialmente as amostras são organizadas e conferidas com a lista de encaminhamento de campo para identificar possíveis danos e/ou perdas após a coleta ou no transporte. Inicia-se o estudo mineral de cada amostra em uma microbateia de laboratório onde todo o concentrado é aprimorado, com remoção de minerais leves comuns ainda presentes. A finalidade dessa etapa é verificar e quantificar a presença de metais como ouro, cobre, prata, platina, chumbo e de minerais com alta densidade, porém raros como o cinábrio, por exemplo. O resultado é uma análise semi-quantitativa da amostra, informando o número e o tamanho de grãos encontrados, segundo padrão da empresa. No caso do ouro, os grãos são denominados de pintas e avaliados como pintas pequenas as < 0,5 mm, médias 0,5 - 1mm e grandes >1mm. Após esse procedimento, os concentrados são secos em estufa e posteriormente pesados integralmente.

Os concentrados seguem então para separação dos grãos com densidade maior que 2,89, em bromofórmio (líquido viscoso com densidade 2,89), no qual os minerais leves flutuam e os pesados afundam, sendo a alíquota dos pesados a que mais interessa para definir o panorama mineral da região em estudo. Novamente é feita uma pesagem agora dos minerais pesados separados.

É importante nessa fase, submeter o concentrado à luz ultravioleta, utilizando o *mineral light*, visando determinação de minerais que emanam luminescência como propriedade física. Um mineral de interesse econômico facilmente identificado por este método é a scheelita.

A seguir os concentrados sofrem um fracionamento magnético com o auxílio de imã de mão, separando os minerais naturalmente magnéticos como magnetita e pirrotita. O restante do concentrado, menos magnético é processado no Separador Isodinâmico Frantz. Por convenção se obtém alíquotas das amostras nas frações 0,3A, 0,5A e 0,75A, considerando-se a porção não atraída, como fração não magnética.

6.2.4. Análise dos Concentrados

O concentrado pronto para ser analisado ficou dividido em várias frações devido os procedimentos acima descritos. A análise semi-quantitativa é executada em lupa binocular com identificação das seguintes propriedades físicas: clivagem, fratura, forma, dureza, tenacidade, densidade, diafanidade, brilho, cor, inclusões, magnetismo, traço e hábito. Para os minerais transparentes às vezes é necessário o auxílio de microscópio petrográfico para verificar propriedades ópticas como isotropia, anisotropia,

pleocroísmo ou ângulo de extinção. Alguns minerais ainda exigem o uso de ensaios microquímicos específicos, como para carbonatos, apatita, cassiterita. Os minerais não identificados por métodos tradicionais ou que sejam de relevante importância podem ser, em casos especiais, submetidos ao EDS no microscópio eletrônico de varredura (MEV).

Uma vez identificados os minerais, suas percentagens são avaliadas de forma semi-quantitativa com o uso do diagrama de teores de percentagem. Os valores de percentagem obtidos dos minerais pesados são convertidos em códigos de teores segundo Tabela 2 abaixo:

Os resultados obtidos são anotados em planilhas para posterior tratamento, geração dos laudos e relatórios finais.

Tabela 2 - Tabela semi-quantitativa

TABELA SEMI-QUANTITATIVA	
CÓDIGO DE TEOR	SIGNIFICADO
85	75 - 100 %
60	50 - 75 %
40	25 - 50 %
15	5 - 25 %
03	1 - 5 %
01	< 1 %

6.2.5. Interpretação da Mineralogia dos Concentrados de Bateia

A sistemática de interpretação dos minerais pesados dos concentrados de bateia considera todas as amostras com minerais de valor econômico e ou geológico, mesmo no caso deles ocorrerem apenas com um único grão, como no caso do ouro ou da scheelita, por exemplo.

Para os minerais muito frequentes, comuns e abundantes nos concentrados de bateia, são consideradas as amostras com maior teor em percentagem e peso, como a ilmenita e magnetita por exemplo.

6.2.5.1. Minerais e Elementos Identificados

Ouro – Au

O ouro, elemento nativo, metálico, apesar da dureza baixa é muito estável quimicamente, propriedade que o preserva nos sedimentos de drenagens e nos concentrados de bateia. O ouro é acurado quantitativamente pelo número de pintas e suas dimensões. São consideradas três faixas granulométricas: < 0,5 mm (pequena), entre 0,5 e 1 mm (média) e acima de 1 mm (grande).

Na Folha Aceguá, a análise quantitativa (número e tamanho das pintas) identificou nove pintas pequenas no ponto EM-B-340, situado no oeste da folha, no Arroio Pirai, afluente do Rio Negro, como o de maior número para a folha (Figura 32). As amostras EM-B-266, EM-B-294, EM-B-296, EM-B-297, EM-B-298, EM-B-299 e EM-B-285 com uma pinta cada, ocorrem dispersas nas drenagens da porção leste da folha, nas formações sedimentares do Rio do Rasto, Teresina e Serra Alta, da Bacia do Paraná (Figura 33).

Pirita - FeS₂

A pirita é o mais comum, abundante e distribuído dos sulfetos, ocorre em quase todos os tipos de rochas. A presença da pirita é importante pois pode ocorrer associada a outros sulfetos menos comuns e de maior interesse. Como a maioria dos sulfetos se intemperizam facilmente, não se conservam por muito tempo em ambientes superficiais oxidantes, então a sua presença é indicativo da área fonte estar nas proximidades. Na Folha Aceguá, sua ocorrência

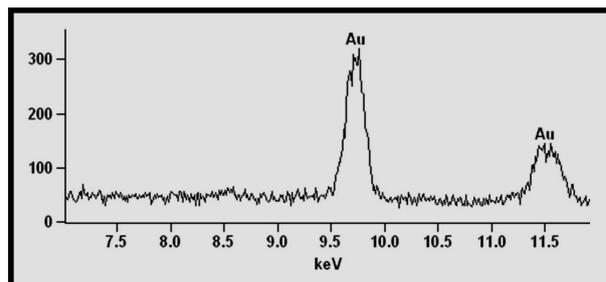
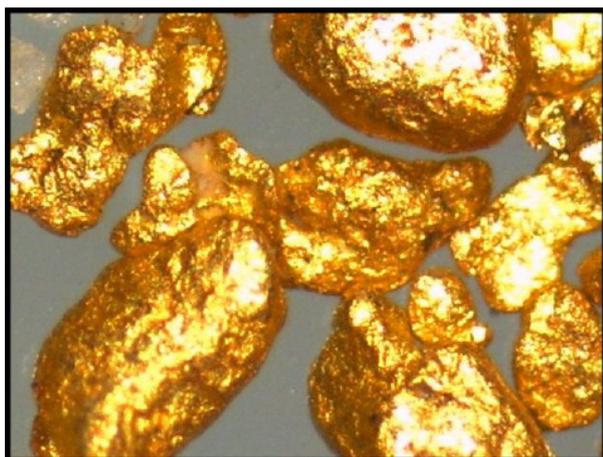


Figura 32 - Amostra EM-B-340, pintas de ouro no microscópio Leica, 30x (esquerda).MEV - análise de EDS no ouro da amostra EM-B_340 (direita).

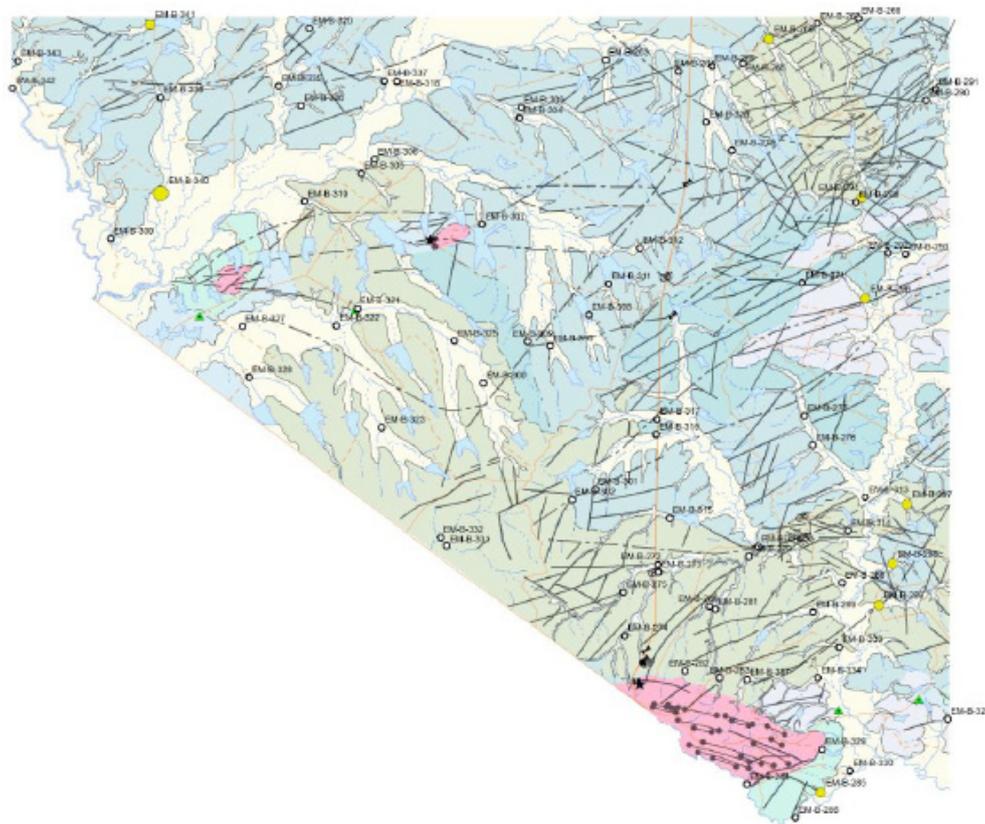


Figura 33 - Distribuição de pontos com Au (círculos amarelos) nos concentrados de bateia na Folha Aceguá.

se dá na faixa de valores < 1 %, na amostra EM-B-298 no Arroio Jaguarão Chico, na Formação Teresina.

Marcassita – FeS₂

A marcassita é um sulfeto que ocorre em margas, calcários, argilas e carvões, em ambientes sedimentares de baixa temperatura. Na Folha Aceguá apresenta valores < 1% na amostra EM-B-312, em drenagem na formação Teresina, da Bacia do Paraná, por estar associado a calcário e carvão poder se usar na busca dessas ocorrências.

Pirita limonitizada - FeO(OH)H₂O

A pirita limonitizada é uma pirita alterada para óxido e hidróxido de ferro, perdendo o enxofre da sua composição original em consequência do intemperismo, mas mantendo a forma. Está pouco presente na área em estudo ocorrendo nas localidades EM-B-287 e EM-B-284 no sul da folha, nas proximidades do Granito Aceguá e em outras duas amostras, EM-B-298 EM-B-297, no Arroio Jaguarão Chico, nas formações Rio do Rasto e Teresina respectivamente, todas com valores < 1%.

Magnetita - FeO₄

A magnetita é um mineral de ferro muito comum e estável em ambientes superficiais oxidantes e é amplamente distribuída nos concentrados de bateia. É um mineral acessório em quase todos os tipos de rocha, ígneas plutônicas e vulcânicas, em especial nas rochas básicas, ultrabásicas, alcalinas e metamórficas ou em ambientes hidrotermais. Concentrações mais elevadas de magnetita nesta folha ocorrem nos pontos EM-B-287 com teores variando de 25 a 50% e EM-B-330, EM-B-329, EM-B-283 e EM-B-282 com teores variando de 5 a 25%, todas localizadas nas drenagens do Granito Aceguá. As demais amostras onde o mineral se faz presente são pontos dispersos por toda folha nas rochas sedimentares das formações da Bacia do Paraná.

Hematita – Fe₂O₃

A hematita é um mineral amplamente distribuído em rochas ígneas e também em ambientes hidrotermais e rochas metamórficas e sedimentares. Das amostras coletadas as três com teores mais elevados apresentam valores entre 25 e 50% e outras três com valores na faixa de 5 a 25% todas localizadas nas vizinhanças do Granito Aceguá, amostras com valores menores estão bem distribuídos por toda folha.

Ilmenita - FeTiO₃

Mineral bastante comum ocorre como acessório em rochas magmáticas como gabros, anortositos, pegmatitos e metamórficas, (gnaisses e anfibolitos). Está entre os mais comuns dos minerais pesados em níveis sedimentares de *placers* nos aluviões e nos concentrados de bateia, por ser física e quimicamente muito estável. Aparece bem representada na Folha Aceguá com três amostras, no sul, EM-B-274, EM-B-273 e EM-B-272 com teores na faixa de 50 a

75% do mineral, em drenagens cujas nascentes estão no Granito Aceguá. Na bacia do Rio Negro, duas amostras EM-B-318 EM-B-340 também possuem valores elevados. Amostras com teores entre 5 e 25% estão largamente distribuídas por toda unidade da folha.

Limonita - FeO(OH)H₂O

É uma mistura de óxidos e hidróxidos de ferro, formando agregados amorfos de cor vermelha a amarelada. É um mineral secundário (supergênico) originado da alteração de minerais que contém ferro nas rochas. As lateritas formadas por esse material podem indicar zonas oxidadas (gossans) de depósitos sulfetados, entre outros. Nesta folha as amostras possuem teores e baixos e distribuídos.

Rutilo – TiO₂

Este mineral ocorre com muita frequência como acessório em muitas rochas. Devido sua estabilidade física e química ocorre com relativa frequência nos níveis de minerais pesados (placers) nos aluviões e nos concentrados de bateia. Na Folha Aceguá ocorrem sem respeitar limites litológicos, com baixos teores, nunca ultrapassando 5% do mineral na amostra, igualmente espalhados pela região.

Monazita – (CeLaNdYTh)PO₄

Mineral relativamente frequente nos concentrados de bateia ocorre como acessório em rochas ígneas e metamórficas. Associado com apatita e xenotímio este mineral vem ganhando destaque pelo interesse nos elementos terras raras neles contidos. Na Folha Aceguá, em 16 amostras este mineral ocorre com teores baixos, <1%, predominantemente localizadas no Granito Aceguá ou nas vizinhanças, na Formação Rio do Rasto.

Apatita - Ca₃(PO₄)₃(FOHCl)

É um mineral amplamente disseminado como acessório na maioria das rochas e presente em quase toda a área da folha, sem muitas limitações ao tipo de litologias. Foi identificado em 40 amostras com teores sempre inferiores a 1%.

Scheelita - CaWO₄

A scheelita está associada com rochas calciossilicatadas em geral em zonas de metamorfismo de contato de rochas graníticas e carbonáticas, em greisens, pegmatitos e em veios hidrotermais de alta temperatura. Associada com cassiterita, topázio, wolframita, fluorita, quartzo e molibdenita. Mineral raro e de alta importância econômica e estratégica para obtenção de tungstênio. Na Folha Aceguá, em apenas duas amostras o mineral foi identificado, EM-B-300 e EM-B-294, com teores inferiores a 1% em amostras coletadas nas rochas sedimentares da formação Rio do Rasto.

Barita - BaSO₄

Na Folha Aceguá este mineral aparece em 25 amostras com valores entre 1 e 5%, 17 delas estão na

Formação Rio do Rasto e outras 8 ocorrem nas imediações, em outras unidades sedimentares.

Zircão – $ZrSiO_4$

Ocorre como mineral acessório em muitos tipos de rochas e é típico de granitoides. É frequente nos concentrados de bateia por ser muito resistente tanto física como quimicamente. O zircão com háfnio pode estar associado a pegmatitos lítio-tantalíferos. Das 81 amostras coletadas na Folha Aceguá, 80 apresentam o mineral, sem configurar anomalia em qualquer litologia específica.

Granada

Mineral comum em rochas metamórficas ocorre também em granitos e pegmatitos. A granada possui muitas variedades de cores em função da variação na composição química e do ambiente geológico. Na Folha Aceguá, a granada aparece de forma mais evidente no sudeste da folha com 17 amostras com os valores mais elevados. A amostras EM-B-299 apresenta teores na faixa de 50 a 75%, três amostras EM-B-281, EM-B-289 e EM-B-298 têm teores na faixa de 25 a 50% e 13 amostras estão na faixa de 5 a 25%, concentradas na formação Rio do Rasto, imediatamente a norte do Granito Aceguá. Outras amostras com valores menores que 5% estão dispersas nas rochas sedimentares da Bacia do Paraná por toda região.

Turmalina - $BO_3AlSiO_4(OH)$

É um mineral típico de rochas ígneas graníticas, pegmatitos e metamórficas como gnaisses e xistos. A schoorlita é a única variedade encontrada na Folha Aceguá, ocorrendo na maioria das amostras de concentrados de bateia.

Estaurolita - $(FeMg)_2Al_9SiO_4(OH)$

Ocorre em rochas metapelíticas (aluminosas) do metamorfismo regional de grau médio, como xistos e gnaisses. Na Folha Aceguá os concentrados em que o mineral ocorre estão em rochas sedimentares da Bacia do Paraná, neste caso significando que foram transportadas para longe da rocha original, não apresentando um padrão definido.

Epidoto – $Ca_2(AlFe)_3(SiO_4)_3(OH)$

Mineral com ocorrência abundante nas amostras do sudeste da folha, com 12 amostras significativas. Destas amostras, 4 com teores na faixa de 25 a 50% e 8 amostras na faixa de 5 a 25%, predominantemente concentradas na formação Rio do Rasto imediatamente a norte do Granito Aceguá. As amostras com teores nas faixas menores que 5%, ocorrem, indiscriminadamente em todas outras unidades litológicas distribuídas pela folha.

Titanita – $CaTiSiO_5$

Pouco presente na área, aparece em 4 amostras com valores inferiores a 5%, na região da formação Rio do Rasto imediatamente a norte do Granito Aceguá.

Anfibólios

Hornblenda ocorre com valores entre 5 a 25 % em 3 amostras e de 1 a 5% na região sudeste da folha, na Formação Rio do Rasto imediatamente a norte do Granito Aceguá.

6.2.5.2. Domínios Litológicos e Minerais Pesados Associados

Na Formação Rio do Rasto da Bacia do Paraná, imediatamente a norte do Granito Aceguá, ocorrem concentrações relativas de ouro, pirita, pirita limonitizada e outros minerais com teores mais altos como magnetita, hematita e epidoto que podem indicar alteração hidrotermal localizada. Outros minerais que ocorrem com valores anômalos nessa mesma região são granada, titanita e anfibólio, indicando possivelmente a influência do antigo embasamento cristalino erodido sobre as rochas sedimentares da Bacia do Paraná. Em outra localidade, os pontos EM-B-340 e EM-B-341 também apresentam ouro, pirita e epidoto associados. E numa terceira localidade no sudeste da folha, nos pontos EM-B-296, EM-B-297, EM-B-298 e EM-B-299 ocorrem associados ouro, pirita, pirita limonitizada, magnetita e barita tornando estas três regiões possíveis alvos de interesse prospectivo.

Importante também é a presença de silcrete (Figura 34) em 21 amostras nas formações Rio do Rasto e Teresina, com valores mais altos nas amostras EM-B-298, EM-B-300 e EM-B-317 na faixa de 1 a 5%. Este mineral não possui valor econômico, mas sim geológico, informando as condições climáticas durante o desenvolvimento da formação Santa Tecla.

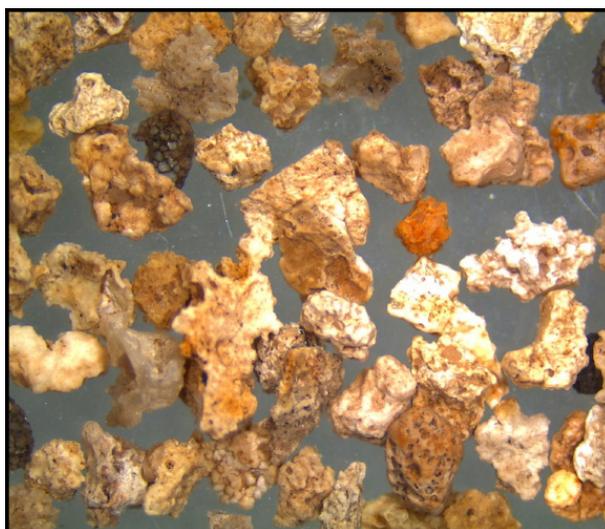


Figura 34 - Amostra EM-B-317, silcrete no microscópio Leica, 20x.

7 – CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

A reunião e análise dos dados obtidos nos levantamentos geológicos, geoquímicos e de recursos minerais, associados à análise dos dados aerogeofísicos disponíveis para a Folha Aceguá, permitiram a confecção do Mapa Geológico e do presente Texto Explicativo para a referida folha.

A área abrange unidades geológicas pertencentes ao Escudo Sul-Rio-Grandense e à Bacia do Paraná, além de depósitos cenozoicos relacionados com sistemas fluviais atuais e subatuais.

As unidades mais antigas são representadas pelas intrusivas ácidas pertencentes ao Granito Aceguá e ao Riolito Arroio da Mina, que afloram em áreas muito limitadas entre as rochas sedimentares da Bacia do Paraná.

A Bacia do Paraná compreende unidades do Permiano ao Cretáceo Inferior, representadas pelos grupos Guatá (formações Rio Bonito e Palermo), Passa Dois (formações Irati, Serra Alta, Teresina e Rio do Rasto) e Serra Geral (diques básicos).

A prospecção geoquímica regional, através da amostragem de sedimentos ativos de corrente e concentrados de bateia, revelou a presença de destques mineralógicos no âmbito da Bacia do Paraná, com concentrações de Au, pirita, pirita limonitizada e valores anômalos para granada, titanita e anfibólio. Estes resultados, todavia, não parecem se relacionar com as áreas de granitoides da Folha, reduzindo significativamente o potencial para metais nestas áreas da região investigada.

8 – REFERÊNCIAS

- ALMEIDA F.F.M. de et al. Brazilian structural provinces: an introduction. *Earth Science Reviews*, v.17, p. 1–29, 1981.
- ALMEIDA, F.F.M. et al. Províncias estruturais brasileiras. In: SIMPÓSIO DE GEOLOGIA DO NORDESTE, 8., 1977, Campina Grande. *Atas...* Campina Grande: SBG, 197. p.363-391.
- ANDRIOTTI, J. L. S. *Interpretação de dados de prospecção geoquímica com o auxílio de estatística*. Porto Alegre: CPRM, 2010.
- ARAUJO, D.C.F. Sobre *Pareiasaurus americanus sp.nov.* do Permiano Superior do Rio Grande do Sul, Brasil: I. diagnose específica. *Anais da Academia Brasileira de Ciências*, v.57, n.1, p.63-66, 1985.
- BAUR, G. On the phylogenetic arrangement of the Sauropsida. *Journal of Morphology*, New York, v.1, n.1, p.93-104, 1987.
- BAUR, G. *Palaeohatteria Credner* and the Proganosauria. *American Journal of Science*, New Haven, v.3, n.37, p.310-313, 1889.
- CAGLIARI, J. et al. New Sakmarian ages for the Rio Bonito formation (Paraná Basin, southern Brazil) based on LA-ICP-MS U-Pb radiometric dating of zircons crystals. *Journal of South American Earth Sciences*, v.54, p.265–277, 2014. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0895981114001254>>. Acesso em: 04 fev. 2016.
- CAMOZZATO, E.; LOPES, R. da C.; PHILIPP, R. P. *Mapa geológico da Folha Hulha Negra, SH.22-Y-C-I, estado do Rio Grande do Sul, escala 1:100.000: nota explicativa*. Porto Alegre: CPRM, 2015. Programa Geologia do Brasil - PGB.
- COPE, E. D. A contribution to the vertebrate Paleontology of Brazil. *Proceedings of the American Philosophical Society*, Philadelphia, v.23, n.121, p.7-15, 1886.
- COSTA, A.F.U. et al. Compartimentação tectônica das associações de rochas pré-cambrianas do Escudo Sul-Rio-Grandense baseada em dados de magnetometria e gravimetria. In: SIMPÓSIO NACIONAL DE ESTUDOS TECTÔNICOS, 5., 1995, Gramado. *Boletim de Resumos Expandidos...* Porto Alegre: SBG;CPGq-UFRGS, 1995. p.236-238.
- COSTA, A. F. U. *Teste e modelagem geofísica da estruturação das associações litotectônicas pré-cambrianas no Escudo Sul-Rio-Grandense*. 1997. 291f. Tese (Doutorado) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 1997.
- CPRM – SERVIÇO GEOLÓGICO DO BRASIL. *Geoquímica do Escudo Sul-Riograndense*. Porto Alegre, [2015]. Inédito.
- CPRM - SERVIÇO GEOLÓGICO DO BRASIL. *Projeto Aerogeofísico Escudo do Rio Grande do Sul: relatório final do levantamento e processamento dos dados magnetométricos e gamaespectométricos*. Rio de Janeiro: Lasa Prospecções, 2010. 38 v. Programa Geologia do Brasil - PGB.
- DAEMON, R.F.; QUADROS, L.P. Bioestratigrafia do Neopaleozóico da Bacia do Paraná. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 26., 1970, Brasília. *Anais...* Brasília: SBG, 1970. p. 355-412.
- DANI, N. et al. Correlação geoquímica de tonsteins e bentonitas do Permiano da Bacia do Paraná com eventos vulcânicos da Cordilheira Andina. In: CONGRESSO BRASILEIRO GEOQUÍMICA, 13., 2011, Gramado, RS. *Resumos Expandidos...* Gramado, RS: SBGq, 2001. p. 1407-1410.
- DIAS, E.V.; BARBERENA, M.C. A Temnospondyl amphibian from the Rio do Rasto Formation, Upper Permian of Southern Brazil. *Anais da Academia Brasileira de Ciências*, v.73, n.1, p.135-143, 2001.
- DU TOIT, A. A geological comparison of South America with South Africa. *Carnegie Inst.* Washington, n.381, 1927 157p.
- FERNANDES, L.A.D.; KOESTER, E.; SOLIANI JR., E. Evolução do sistema de zonas de cisalhamento transcorrentes dorsal de Canguçu no Cinturão Dom Feliciano durante o Neoproterozóico: uma discussão. In: SIMPÓSIO NACIONAL DE ESTUDOS TECTÔNICOS, 5., 1995, Gramado, RS. *Boletim de Resumos Expandidos...* Gramado, RS.: SBG,1995.p. 30-32.
- FERNANDES, L.A.D et al. Evolução tectônica do Cinturão Dom Feliciano no Escudo Sul-Riograndense: parte I - uma contribuição a partir do registro geológico. *Revista Brasileira de Geociências*, v.25, n.4, p.351-374, 1995a.
- FERNANDES, L.A.D et al. Evolução tectônica do Cinturão Dom Feliciano no Escudo Sul-Riograndense: parte II - uma contribuição a partir das assinaturas geofísicas. *Revista Brasileira de Geociências*, v.25, n.4, p.375-384, 1995b.
- FRAGOSO-CESAR, A. R. S. et al. Batólito de Pelotas

- (Proterozóico Superior/Eo-Paleozóico) no Escudo do Rio Grande do Sul. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 34., 1986, Goiânia. *Anais...* Goiânia: SBG, v.3, p.1322-1343, 1986.
- FRAGOSO-CESAR, A. R. S. O Cráton Rio de La Plata e o Cinturão Dom Feliciano no Escudo Uruguaio-Sul-Rio-Grandense. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 31., 1980, Balneário Camboriú. *Anais...* Balneário Camboriú: SBG, 1980. v.5, p. 2879-2892.
- FÚLFARO, V.J.; GAMA JR., E; SOARES, P.C. *Revisão estratigráfica da Bacia do Paraná*. São Paulo, Paulipetro, 1980. (Relatório interno).
- GAMA Jr., E.; BANDEIRA Jr., A.N.; FRANÇA, A.B. Distribuição espacial e temporal das unidades litoestratigráficas paleozóicas na parte central da Bacia do Paraná. *Revista Brasileira de Geociências*, v.12, n.4, p.578-589, 1982.
- GORDON JR., M. **Classificação das Formações Gondwânicas do Paraná, Santa Catarina e Rio Grande do Sul**. Rio de Janeiro: DNPM, 1947. 20 p. (Notas Preliminares e Estudos, n. 38).
- GRUSHINSKY, N.P. The Earth's crust : its thickness, gravity field and topography. *Journal Geol. Soc. Aust.*, v.14, n.1, p.31-37, 1967.
- GUERRA-SOMMER, M. et al. New radiometric data from ash fall rocks in Candiota coal-bearing strata and the playnostratigraphic framework in Southern Paraná Basin (Brazil). In: GONDWANA 12: GEOLOGICAL AND BIOLOGICAL HERITAGE OF GONDWANA, 2005, Mendoza. *Abstracts...* Mendoza: Academia Nacional de Ciências, 2005. p.189.
- GUERRA-SOMMER, M. et al. Radiometric age determination of tonstein and stratigraphic constrains for the Lower Permian coal sucession in southern Paraná Basin, Brazil. *International Journal of Coal Geology*, v.74, p.13-27, 2008.
- HALLINAN, S.E. et al. Estrutura do Escudo Sul-Brasileiro: uma revisão através de dados gravimétricos e magnetométricos. *Revista Brasileira de Geociências*, v.23, n.3, p.201-214, 1993.
- HARTMANN, L. A. Deepest exposed crust of Brazil: geochemistry of Paleoproterozoic depleted Santa Maria Chico granulites. *Gondwana Research*, v.1, p.331-341, 1998.
- HARTMANN, L. A. et al. Deepest exposed crust of Brazil—SHRIMP establishes three events. *Geology*, v.27, p. 947-950, 1999.
- HARTMANN L.A. et al. Advances in SHRIMP geochronology and their impact on understanding the tectonic and metallogenic evolution of southern Brazil. *Australian Jour Earth Sci.*, v.47, p. 829-844, 2000.
- HARTMANN, L.A. et al. Protolith age of Santa Maria Chico granulites dated on zircons from an associated amphibolite-facies granodiorite in southernmost Brazil. *Anais da Academia Brasileira de Ciências*, v. 80, p.543–551, 2008.
- HARTMANN, L.A.; SANTOS, J.O.S.; MCNAUGHTON, N.J. Detrital zircon U-Pb age data, and Precambrian provenance of the Paleozoic Guaritas Formation, southern Brazilian Shield. *International Geology Review*, v.50, p.364-374, 2008.
- JACKSON, V.N. et al. *Projeto Aerogeofísico Camaquã*, Estado do Rio Grande do Sul. Porto Alegre: Texas Instruments/DNPM/CPRM/CNEN, 1973.
- JUSTUS, J. DE O.; MACHADO, M.L. DE A.; FRANCO, M. DE S.M. Geomorfologia. In: FOLHA SH.22 Porto Alegre e parte das folhas SH.21 Uruguaiana e SI.22 Lagoa Mirim. Rio de Janeiro: IBGE, 1986. p.313-404 (Levantamento de Recursos Naturais, 33).
- KÄMPF, N. **Mapa de classificação dos solos do Estado do Rio Grande do Sul quanto à resistência a impactos ambientais**. Porto Alegre: FEPAM, 2001. 13 p. (Relatório Final de Consultoria). **Disponível em:** < www.fepam.rs.gov.br/biblioteca/mapa_solos.pdf>. **Acesso em:** 16 jun. 2015.
- KER, J. C. et al. Pedologia. In: FOLHA SH.22 Porto Alegre e parte das folhas SH.21 Uruguaiana e SI.22 Lagoa Mirim. Rio de Janeiro: IBGE, 1986. p.405-540 (Levantamento de Recursos Naturais, 33).
- KINGSTON, D. R., DISHROON, C. P., WILLIAMS, P. A. Global basin classification system. *AAPG Bulletin*, v.67, p.2175-2193, 1983.
- KUINCHTNER, A; BURIOL, G. A. Clima do estado do Rio Grande do Sul segundo a classificação climática de Köppen e Thornthwaite. *Disciplinarum Scientia*, Série Ciências Exatas, S. Maria, v.2, p.171-182, 2001.
- LAUX, J.H. et al. Reavaliação da idade do Complexo Granulítico Santa Maria Chico, RS, In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 45., 2010, Belém. *Anais...* Belém: SBG, 2010.
- LAUX, J. et al. *Mapa geológico Folha Lagoa da Meia Lua*, SH.21-Z-B-VI. Porto Alegre: CPRM, 2012. Mapa geológico, escala 1:100.00. Programa Geologia do Brasil – PGB. Disponível em: <<http://geosgb.cprm.gov.br/>>. Acesso em:15 mar. 2017.
- LAVINA, E. L. *Geologia sedimentar e paleogeografia do Neopremiano e Eotriássico (intervalo Kazaniano-Scythiano) da Bacia do Paraná*. 1991. 333p. Tese (Doutorado) - Instituto de Geociências, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 1991.
- MANTOVANI, M. S. M. et al. Modelo gravimétrico das principais descontinuidades crustais nos terre-

- nos pré-cambrianos dos estados do Paraná e de Santa Catarina. *Revista Brasileira de Geociências*, v.19, n.3, p.367-374, 1989.
- MEDAGLIA, M. E. Estudo de Solos no município de Bagé. Porto Alegre: Secretaria de Planejamento e Desenvolvimento Regional – RS, Governo do Estado do RS. *Bol. Geog.do Rio Grande do Sul*, n. 16, p.45-50, 1973.
- MENDES, J.C. The Passa Dois Group. In: INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON THE GONDWANA STRATIGRAPHY AND PALEONTOLOGY, Curitiba, 1967. BIGARELLA, J. J.; BECKER, R.D.; PINTO, I.D. (Ed.). *Problems in Brazilian Gondwana Geology*. Curitiba: [s.n.], 1967. p.119-166.
- MILANI, E. J. *Evolução tectono-estratigráfica da Bacia do Paraná e seu relacionamento com a geodinâmica fanerozóica do gondwana sul-ocidental*. Porto Alegre, 1997. 2 v. Tese(Doutorado em Ciências) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Curso de Pós-Graduação em Geociências, Porto Alegre, 1997.
- MILANI, E.J.; FRANÇA, A.B.; SCHNEIDER, R.L. Bacia do Paraná. *Boletim de Geociências PETROBRAS*, Rio Janeiro, v.8, n.1, p. 69-82, 1994.
- MILANI, E.J. et al. Bacia do Paraná. *Boletim de Geociências da Petrobras*, Rio de Janeiro, v.15, n.2, p. 265-287, 2007.
- MILANI, E. J.; ZALÁN, P.V. The geology of Paleozoic Cratonic Basins and Mesozoic Interior Rifts of Brazil. In: MELLO, M. R.; YILMAZ, P. O. **Rio'98 Extended Abstracts** Volume: 1998 AAPG International Conference & Exhibition. Rio de Janeiro: PETROBRAS, 1998. 1028 p. p. 67-90.
- MODESTO, S. P. Observations on the *Stereosternum tumidum* Cope. *Paleontologia Africana*, v.35, n.7-19, 1999.
- MORAES RÊGO, L.F. A geologia do petróleo no Estado de São Paulo. *Bol. Serv. Geol. Min.* (Brasil), n.46, 1930.
- MORENO, J. A. *Clima do Rio Grande do Sul*. Porto Alegre: Secretaria de Agricultura, 1961. 42 p.
- MÜHLMANN, H. et al. *Revisão estratigráfica da Bacia do Paraná*. Ponta Grossa, PR. : Petrobras, 1974. (Relatório DESUL- 444).
- NARDI, L.V.S.; HARTMANN, L.A. O Complexo Granulítico Santa Maria Chico, RS. *Acta Geologica Leopoldensia*, São Leopoldo, v.3, n.6, p.45-75, 1979.
- NORTHFLEET, A. A.; MEDEIROS, R. A.; MÜHLMANN, H. Reavaliação dos dados geológicos da Bacia do Paraná. *Boletim Técnico da Petrobras*, v.12, n.3, p.291-346, 1969.
- OLIVEIRA, E. P. de. Geologia do estado do Paraná. B. *Minist. Agric. Indust. Com.*, Rio de Janeiro, n.5, p.67-143, 1916.
- OLSON, E.C. The family *Diadectidae* and its bearing on the classification of reptiles. *Fieldiana Geology*, v.11, p.1-53, 1947.
- ORLANDI F°, V. et al. (Org.) *Folha Piratini - SH.22-Y-C-II*. Brasília: CPRM, [1995]. 1 CD ROM. Programa Levantamentos Geológicos Básicos do Brasil - PLGB.
- OYHANTÇABAL, P.; SIEGESMUND, S.; WEMMER, K. The Rio de la Plata Craton: a review of units, boundaries, ages and isotopic signature. *Int J Earth Sci (Geol Rundsch)*, v.100, p.201–220, 2011.
- PHILIPP R.P.; NARDI L.V.S.; BITENCOURT M.F. O Batólito Pelotas no Rio Grande do Sul. In: HOLZ, M.; DE ROS, M. L. F (Ed.) *Geologia do Rio Grande do Sul*. CI-GO-UFRGS, Porto Alegre,2000. p.133-160.
- PHILIPP R. P.; MACHADO R. The Late Neoproterozoic Magmatism of the Pelotas Batholith, Southern Brazil. *J South Am Earth Sci.*, V.19, n.4, p.461-478, 2005.
- PIÑEIRO, G. et al. The oldest known amniotic embryos suggest viviparity in mesosaurs. *Historical Biology*, v.24, n.6, p.620-630, 2012.
- PINTAÚDE, D.A.; FORMOSO, M.L.L. *Ocorrência de argila montmorilonítica em Aceguá* - RS. Porto Alegre: Instituto Tecnológico do Rio Grande do Sul, 1972. (Boletim 57).
- PORCHER, C. A. et al. *Passo do Salsinho*, Folha SH.22-Y-A-I-4: estado do Rio Grande do Sul. Brasília: CPRM, 1995. Programa Levantamentos Geológicos Básicos do Brasil - PLGB.
- PRETTO, F.A. *Análise osteológico-dentária de Stereosternum tumidum Cope 1886, amniota primitivo da Formação Irati, Permiano do Brasil*. 2009. 105f. Trabalho Conclusão de Curso (Bacharelado em Ciência Biológicas)- Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2009.
- RAMGRAB, G. E.; WILDNER, W.; CAMOZATO, E. (Org.). *Porto Alegre, folha SH.22-Y-B*: estado do Rio Grande do Sul. Brasília: CPRM, 1997. Programa Levantamentos Geológicos Básicos do Brasil - PLGB.
- RAMGRAB, G.E.; WILDNER, W. (Org.). *Pedro Osório, Folha SH.22-Y-C*: Estado do Rio Grande do Sul, Escala 1:250.000. Rio de Janeiro: CPRM, 1999. 1 CD-ROM. Programa Levantamentos Geológicos Básicos do Brasil - PLGB.
- RAPELA, C.W. et al. The Río de La Plata craton and the assembly of SW Gondwana. *Earth-Science Reviews*, v. 83, p.49-82, 2007.

- RAPELA, C.W. et al. The Rio de la Plata craton and the adjoining Pan-African/brasiliano terranes: their origins and incorporation into south-west Gondwana. *Gondwana Research*, v.20, n.4, p.673-690, 2011.
- RÖSLER, O. Aspectos tegumentários de mesossaurídeos (Reptilia) do Permiano, Formação Irati – Estado de São Paulo. *Ciência e Cultura*, Campinas, SP, v.26, n.7, p.190, 1974.
- RÖSLER, O.; TATIZANA, G. As membranas natatórias em Stereosternum. In: BRASIL. Departamento Nacional de Produção Mineral. *Coletânea de trabalhos paleontológicos*. Brasília: DNPM, 1985. P. 129-131. (DNPM. Geologia 27: Seção Paleontologia e Estratigrafia, 2).
- ROSSMANN, T. Studien an Mesosauriern (Amniota inc. Sed.: Mesosauridae): 2. Neue Erkenntnisse zur Anatomie, mit Berücksichtigung der Taxonomie von *Mesosaurus pleurogaster* (Seeley). *Senckenbergiana Lethaea*, v.80, n.1, p.13-28, 2000.
- SANFORD, R.; LANGE, F.W. Basin – study approach to oil evolution of Paraná – miogeosyncline, South Brazil. *Bull. Amer. Assoc. Petr. Geol.*, v.44, n. 8, p. 1316-1370, 1960.
- SANTOS, E.L. et al. *Mapa Geológico do Estado do Rio Grande do Sul, escala 1:1.000.000 parte do escudo Sul-riograndense, escala 1:600.000*. Porto Alegre: DNPM, 1989.
- SANTOS, R. V. et al. Shrimp U-Pb zircon dating and palynology of bentonitic layers from the Permian Irati Formation, Paraná Basin, Brazil. *Gondwana Research*, v.9, p.456-463, 2006.
- SCHMITT, R. da S. *Evolução tectono-metamórfica do complexo metavulcano-sedimentar, Coxilha do Batovi, São Gabriel, RS*. 1996. 159 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Pós-Graduação em Geociências Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 1996.
- SCHNEIDER, R.L. et al. Revisão estratigráfica da Bacia do Paraná. In CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 28., 1974, Porto Alegre. *Anais...* Porto Alegre: SBG, 1974. v.1, p.41-65.
- TEIXEIRA, M. et al. Vegetação. In: *Folha SH.22 Porto Alegre e parte das folhas SH.21 Uruguaiana e SI.22 Lagoa Mirim*. Rio de Janeiro: IBGE, 1986. p. 541-632 (Levantamento de Recursos Naturais, 33).
- TEIXEIRA, L. B. Evidência geofísica de rifts precursorres nas bacias paleozóicas do Amazonas, Paraná, Paraíba, Solimões e Alto Tapajós. In: MELO, J.H.G.; TERRA, G.J.S. (Ed.). *Correlação de Seqüências Paleozóicas Sul-americanas*. Rio de Janeiro, PETROBRAS, 2001. (Ciência-Técnica-Petróleo. Seção Exploração de Petróleo, 20). 1 CD-ROM.
- TESSARI, R. I.; GIFFONI, L. E. Geologia da região Piratini - Pinheiro Machado - Bagé - Rio Grande do Sul. *Boletim DGM*, Rio de Janeiro, n. 246, 1 v. 1970.
- WHITE, I. C. *Relatório sobre as coal measures e rochas associadas do Sul do Brasil*. Rio de Janeiro, Com. Est. Min. Carvão de Pedra do Brasil, 1908. parte 1, 300p.
- ZALÁN, P.V. et al. *Análise da Bacia do Paraná*. Rio de Janeiro. Petrobras, 1986. (Relatório Interno).
- ZALÁN, P.V. et al. Tectônica e sedimentação da Bacia do Paraná. In: SIMPÓSIO SUL-BRASILEIRO GEOLOGIA, 3., Curitiba, 1987. *Atas...*, v.1, p.441-473, 1987.
- ZALÁN, P.V. et al. Bacia do Paraná. In: RAJA GABAGLIA, G.P., MILANI, E.J. (Ed.). *Origem e evolução de bacias sedimentares*. Rio de Janeiro: PETROBRAS, 1990. p.135-168.

A elaboração do mapa geológico e recursos minerais da Folha Aceguá, na escala 1:100.000, resulta de uma ação do Serviço Geológico do Brasil – CPRM, empresa pública vinculada à Secretaria de Geologia, Mineração e Transformação Mineral, do Ministério de Minas e Energia.

O projeto foi executado pela Superintendência de Porto Alegre do Serviço Geológico do Brasil – CPRM, dentro das diretrizes do Programa Geologia do Brasil.

A Carta Geológica na escala 1:100.000 tem como objetivo gerar e difundir informações geológicas e de recursos minerais, para subsidiar o planejamento territorial e o uso do solo e subsolo, além de induzir o aumento dos investimentos em prospecção e pesquisa mineral, com vistas ao desenvolvimento da indústria de mineração no país.

Esse produto deverá auxiliar o governo do estado do Rio Grande do Sul e órgãos de planejamento, no estabelecimento de políticas públicas de desenvolvimento regional, na medida em que servirão de base para estudos de prospecção e exploração mineral e na adoção de ações estratégicas que visem o desenvolvimento econômico-social.

Nesse contexto, o conhecimento geológico sistematizado pelo Serviço Geológico do Brasil – CPRM também passa a ser considerado como fonte primordial de informação do meio físico e requisitado para os estudos de zoneamento ecológico-econômico e de gestão ambiental.

GEOLOGIA E RECURSOS MINERAIS DA FOLHA ACEGUÁ – SH.21-Z-D-VI

Escala: 1:100.000

ESTADO DO RIO GRANDE DO SUL



PAC

www.cprm.gov.br

SERVIÇO DE ATENDIMENTO AO USUÁRIO - SEUS

Tel: 21 2295-5997 – Fax: 21 2295-5897
E-mail: seus@cprm.gov.br

OUVIDORIA

Tel: 21 2295-4697 – Fax: 21 2295-0495
E-mail: ouvidoria@cprm.gov.br