

**UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS**

**ANÁLISE DE PROVENIÊNCIA NO ESTUDO DA INTERAÇÃO ENTRE
SISTEMAS DEPOSICIONAIS EÓLICOS E FLUVIAIS: O CASO DO
GRUPO GUARITAS (EOCAMBRIANO, RS)**

Jorge Emanuel dos Santos Nóbrega

Orientador: Prof. Dr. André Oliveira Sawakuchi
Co-Orientador: Prof. Dr. Renato Paes de Almeida

**MONOGRAFIA DE TRABALHO DE FORMATURA
(TF –2007/19)**

TF
N754
JES.a

SÃO PAULO
2007

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS

**ANÁLISE DE PROVENIÊNCIA NO ESTUDO DA INTERAÇÃO
ENTRE SISTEMAS DEPOSICIONAIS EÓLICOS E FLUVIAIS: O
CASO DO GRUPO GUARITAS (EOCAMBRIANO, RS)**

DEDALUS - Acervo - IGC



309000024356

Jorge Nóbrega
Jorge Emanuel dos Santos Nóbrega



André Oliveira Sawakuchi
Orientador: Prof. Dr. André Oliveira Sawakuchi
Co-orientador: Prof. Dr. Renato Paes de Almeida

MONOGRAFIA DE TRABALHO DE FORMATURA
(TF 2007 / 19)

SÃO PAULO
2007

AGRADECIMENTOS

Aos professores Dra. Ana Maria Góes, Dr. Antonio Romalino S. Fragoso Cesar, Dr. Cláudio Riccomini, Dr. Ginaldo A. C. Campanha, Dr. Paulo César F. Giannini, Dr. Paulo Roberto dos Santos, pela amizade e orientação, e que várias vezes mostraram que a maior função do professor é ensinar...

Aos meus orientadores Dr. André O. Sawakuchi e Dr. Renato P. Almeida, pela atenção dada, pelos ótimos campos e por sempre estarem aptos a me atender...

Aos geólogos Msc. Sérgio W. O. Rodrigues (Araci), Msc. Frederico M. Faleiros (Bambi) e Felipe T. Figueiredo (Banheirão) pelas discussões, pelos campos e amizade...

Ao grupo "O pão que o diabásio amassou", Brenda C. da Rocha (Kupeludo), Maurício Guerreiro M. Dos Santos (Borboleta) e Thaís N. Hyppolito (Tchitcho), a melhor equipe de campo já reunida e sem a qual grandes 'aventuras' não seriam vividas, por todos os momentos juntos e pela grande amizade...

Aos grandes amigos Ana Paula B. Tanaka (Treme), André Marconato (Kodornna), Grace Kelly M. Malo (Biscate), Ingo Rinaldelli (Filhão), Paulo Miguel H. Martim (Rasgamãe), Roberta P. Lima (Pisa), Rogério B. de Souza (Lacraia), e aos amigos Ana Maciel de Carvalho (Chupeta), Cyntia M. Simon (Profundah), Daina P. Bendoraitis (Arrombada), Marcelo Januário de Sousa (Ceará), Priscilla P. da Fonseca (Coitada), Rodrigo M. da Silva (Café), Talita Cristina O. Ferreira (Xoca) e Wilian Carlos B. Augusto (Mari Lu), pelo companheirismo, por momentos inesquecíveis e pelas discussões geológicas e não geológicas...

Aos funcionários do LabSed (Rodolfo, Adriano, Vítor, Simone e Elaine), aos da biblioteca e aos da gráfica sem os quais este TF não teria se concretizado...

Aos meus pais, Francisco e Marízia, por sempre acreditarem em mim e à minha Laís Caroline, pela paciência e confiança, sem vocês eu não seria o que sou...

Obrigado!

ÍNDICE

<u>RESUMO</u>	<u>1</u>
<u>ABSTRACT</u>	<u>2</u>
<u>1. INTRODUÇÃO</u>	<u>3</u>
<u>2. OBJETIVOS</u>	<u>3</u>
<u>3. RELEVÂNCIA DO TEMA</u>	<u>4</u>
<u>4. MATERIAIS E MÉTODOS</u>	<u>5</u>
<i>4.1. Descrição de fácies sedimentares e coleta de amostras para estudos petrográficos</i>	<i><u>5</u></i>
<i>4.2. Análise de proveniência de seixos</i>	<i><u>6</u></i>
<i>4.3. Análise petrográfica de seções delgadas</i>	<i><u>6</u></i>
<i>4.4. Análise de minerais pesados</i>	<i><u>6</u></i>
<i>4.5. Análise estatística dos dados</i>	<i><u>7</u></i>
4.5.1. Análise estatística descritiva	7
4.5.2. Análise de agrupamento	8
<u>5. FUNDAMENTAÇÃO BIBLIOGRÁFICA</u>	<u>9</u>
<i>5.1. Contexto Tectono-Estratigráfico</i>	<i><u>9</u></i>
<i>5.2. O Grupo Guaritas</i>	<i><u>9</u></i>
<i>5.3. A interação eólico-fluvial em sistemas deposicionais</i>	<i><u>12</u></i>
<i>5.4. Proveniência sedimentar</i>	<i><u>13</u></i>
<u>6. RESULTADOS</u>	<u>15</u>
<i>6.1. Atividades de campo – Descrição de fácies e coleta de amostras para estudos petrográficos</i>	<i><u>15</u></i>
<i>6.2. Identificação e quantificação de seixos em conglomerados e arenitos conglomeráticos</i>	<i><u>15</u></i>
<i>6.3. Descrição petrográfica das seções delgadas de arenitos</i>	<i><u>17</u></i>
<i>6.4. Descrição da assembléia de minerais pesados</i>	<i><u>19</u></i>
<i>6.5. Estatística descritiva dos índices ZTi, ZRi e proporção de tipos morfológicos de zircão</i>	<i><u>21</u></i>
<u>7. DISCUSSÃO</u>	<u>23</u>
<i>7.1 Rochas fontes primárias dos sedimentos</i>	<i><u>23</u></i>
<i>7.2 Comparação entre as unidades do Grupo Guaritas baseada na assembléia de minerais pesados e nos índices ZTi, ZRi e AR</i>	<i><u>23</u></i>
<u>8. CONCLUSÕES</u>	<u>27</u>
<u>9. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS</u>	<u>29</u>
<u>ANEXO (tabelas de dados litológicos e mineralógicos)</u>	

RESUMO

O Grupo Guaritas (Eocambriano da bacia do Camaquã), formado por sedimentos terrígenos, compreende as formações Pedra das Torrinhas, Varzinha, Pedra Pintada, Pedra da Arara e Serra do Apertado, as quais constituem o registro sedimentar de sistemas deposicionais de leques aluviais, fluviais e eólicos.

Este trabalho teve como objetivos: caracterizar as relações estratigráficas entre os depósitos eólicos e aluviais-fluviais; inferir as rochas fontes dos sedimentos; buscar critérios de distinção e reconhecer padrões de variação na proveniência das unidades sedimentares. Foram realizadas análises petrográficas de minerais pesados e seções delgadas de arenitos e análise de seixos em afloramentos de litotipos conglomeráticos. As análises de minerais pesados envolveram: quantificação da assembléia total; determinação dos índices mineralógicos ZTi (zircão/(turmalina+zircão)), que quantifica o grau de retrabalhamento sedimentar, e ZRi (zircão/(rutilo+zircão)), que indica variação da área fonte primária; e quantificação de tipos morfológicos de zircão. As unidades do Grupo Guaritas foram comparadas entre si por estatísticas descritivas e análise de agrupamento, baseadas nos índices ZTi, ZRi e AR (proporção de grãos arredondados de zircão).

Os arenitos analisados constituem arcóseos a arcóseos líticos, sugestivos de sedimentação em ambiente árido e/ou pequena distância de transporte. A abundância de apatita e zircão indica área fonte dominada por rochas ígneas ácidas. A análise de agrupamento revelou que as formações Varzinha e Pedra Pintada apresentam elevada similaridade entre si e que a Formação Serra do Apertado distingue-se das demais unidades. A maior variabilidade do índice ZTi na Formação Serra do Apertado e na fácies fluvial da Formação Pedra da Arara sugere presença de sedimentos com grau de retrabalhamento variado. A Formação Serra do Apertado distingue-se das demais unidades pelos seus valores elevados de ZRi, o que aponta variação na área fonte primária. A Formação Pedra da Arara apresenta valores mais elevados do índice AR, indicativos de maior grau de retrabalhamento sedimentar.

ABSTRACT

The Guaritas Group (Eocambrian, Camaquã Basin) comprises terrigenous sediments and it is formed by the following formations: Pedra das Torrinhas, Varzinha, Pedra Pintada, Pedra da Arara and Serra do Apertado. These sedimentary units are correspondent to alluvial fan, fluvial and eolian depositional systems.

The aims of this work were: to characterize the stratigraphical relationship between the eolian and fluvial-alluvial deposits; to deduce the source rocks of the sediments; to discriminate the sedimentary units; and to recognize changes in the provenance. There were realized petrographical analysis of thin sections and heavy minerals in sandstones and pebble analysis of conglomeratic rocks in outcrops. The heavy mineral analysis comprised the quantification of the total assemblage, the determination of the ZTi index ($\text{zircon}/(\text{tourmaline}+\text{zircon})$), which is related to the sedimentary reworking degree, and of the ZRi index ($\text{zircon}/(\text{rutile}+\text{zircon})$), which indicates changes in the primary source rocks, and the quantification of morphological types of zircon. The units of the Guaritas Group were compared between them by descriptive statistics and cluster analysis, based on the ZTi, ZRi indexes and AR (proportion of rounded grains of zircon).

The analyzed sandstones are arkoses to lithic-arkoses, which suggest sedimentation under arid climate and/or short distance of transport. The huge quantity of apatite and zircon indicates source area dominated by acid igneous rocks. The cluster analysis showed that the Varzinha and Pedra Pintada formations presents high similarity between them and that the Serra do Apertado Formation is differentiated from the other units. The high variability of the ZTi index in the Serra do Apertado Formation and in the fluvial facies of the Pedra da Arara Formation suggest the presence of sediments with varied reworking degree. The Serra do Apertado Formation is separated from the other units by its higher values of ZRi index, which indicates changes in the primary source rocks. The Pedra da Arara Formation shows higher values of AR index, determining higher sedimentary reworking degree.

1. INTRODUÇÃO

O Grupo Guaritas (Supergrupo Camaquã) é formado por arenitos conglomeráticos, conglomerados, ritmitos psamo-pelíticos e arenitos finos a médios com séries métricas de estratificação cruzada, sendo interpretado como de origem essencialmente continental. Atribui-se idade eocambriana a esta unidade litoestratigráfica, a qual pode atingir mais de 1000 m de espessura de sedimentos. Seus arenitos apresentam cimentação carbonática e são predominantemente arcoseanos, podendo ocorrer também arenitos líticos.

Estudos em andamento sobre o Grupo Guaritas têm revelado a presença de elementos de interação eólico-fluvial ainda pouco registrados na bibliografia sobre o período Cambriano. Tais elementos incluem fácies de inundação de áreas de interdunas por sistemas fluviais adjacentes e o desenvolvimento de lençóis de areia e pequenas dunas eólicas associados a sistemas aluviais efêmeros e regiões distais de leques aluviais. As grandes exposições naturais do Grupo Guaritas, com cortes em diversas direções, possibilitam a realização de estudos de detalhe para entendimento das relações estratigráficas e de proveniência sedimentar entre suas unidades constituintes.

Este trabalho envolveu a análise de proveniência de minerais pesados e seixos, orientada por levantamentos estratigráficos e análise de fácies, cujo objetivo foi solucionar os problemas acerca das relações genéticas e estratigráficas entre as formações Serra do Apertado, Pedra da Arara, Pedra Pintada e Varzinha. Estas são as unidades componentes do Grupo Guaritas, cujas relações estratigráficas e genéticas requerem melhor entendimento.

2. OBJETIVOS

Os objetivos deste trabalho de formatura podem ser divididos em objetivos de aprendizado e objetivos científicos.

Os objetivos de aprendizado envolvem:

- O planejamento e execução de um projeto científico.
- O uso integrado entre métodos de análise de campo, tais como o reconhecimento de fácies sedimentares e a identificação e quantificação de seixos, e métodos de análises laboratoriais (análise de minerais pesados em grãos e petrografia de seções delgadas).
- A integração de informações obtidas em diversas escalas de análise, o que é inerente aos sistemas geológicos.

Como objetivos científicos destacam-se:

- A caracterização das relações estratigráficas entre os depósitos eólicos e aluviais do Grupo Guaritas, com destaque para as formações Serra do Apertado, Varzinha, Pedra da

Arara e Pedra Pintada.

- O reconhecimento de padrões de variação na proveniência de arenitos das formações Pedra da Arara e Pedra Pintada, buscando critérios de distinção entre as unidades.
- A caracterização da proveniência dos arenitos, com inferências sobre as áreas-fonte dos depósitos arenosos e reconhecimento de possível retrabalhamento de uma unidade como fonte para unidades posteriores.

3. RELEVÂNCIA DO TEMA

Como justificativas para este trabalho pode-se destacar:

- A presença de grandes exposições, que permite o reconhecimento seguro de superfícies estratigráficas e associações de fácies.
- O teste de consistência de métodos de proveniência, através do confronto entre a proveniência inferida por análise de seixos de rochas conglomeráticas e a proveniência de rochas arenosas realizada por meio de análises petrográficas de minerais pesados e seções delgadas.
- A ampliação de informações acerca da interação eólico-fluvial em sistemas deposicionais cambrianos.
- O aprofundamento dos conhecimentos sobre o Grupo Guaritas.
- Sob a óptica metodológica, a área é um ótimo contexto para testar o uso de minerais pesados com ferramenta de correlação em unidades eólicas e fluviais antigas.

4. MATERIAIS E MÉTODOS

4.1. Descrição de fácies sedimentares e coleta de amostras para estudos petrográficos

Segundo Miall (2000), a análise de fácies compreende o estudo e a interpretação de texturas, estruturas sedimentares, fósseis e associações litológicas de rochas sedimentares em escala de afloramentos e testemunhos de sondagem. *“A interpretação genética de uma fácies isolada, antes da descrição de fácies vizinhas de mesmo contexto sedimentar, tende a ser muito mais ambígua que a interpretação das fácies já descritas como um conjunto coerente”* (Giannini 1999 *apud* Sawakuchi 2000). Assim, a análise de fácies deve ser feita de modo integrado, com sucessivas reinterpretações das fácies individuais até a elaboração de um modelo coerente e desprovido de contradições internas. Estes princípios nortearam a análise de fácies em afloramentos das unidades estratigráficas do Grupo Guaritas.

As fácies foram descritas em sucessões estratigráficas verticais compostas, traçadas com auxílio de bússola e trena. Os litotipos arenosos de agrupamentos de fácies e sucessões sedimentares individualizadas por superfícies estratigráficas foram amostradas para caracterização quantitativa da assembléia de minerais pesados e qualitativa dos seus componentes petrográficos (arcabouço, matriz e cimento). As amostras foram coletadas com auxílio de uma perfuratriz, movida por motor a explosão e broca com alcance máximo de 15 cm (Figura 1), o que permitiu a obtenção de amostras com menor grau de intemperismo.



Figura 1: Aspecto da perfuratriz utilizada para obtenção das amostras. Notar os furos resultantes da retirada das amostras (P36 – Grupo Santa Bárbara).

As unidades estudadas contam com arcabouço estratigráfico definido em estudos anteriores (Paim *et al.* 1995, Paim & Scherer 2003, Almeida 2005). Assim, o levantamento de seções estratigráficas por meio da descrição de afloramentos visa o refinamento de modelos previamente definidos e melhor contextualização das amostras coletadas.

4.2. Análise de proveniência de seixos

A análise de proveniência de seixos nos conglomerados e arenitos conglomeráticos (fácies fluviais) das formações Varzinha e Serra do Apertado envolveu o reconhecimento dos litotipos de 100 seixos em cada afloramento analisado. Além disso, também foram feitas contagens na Formação Pedra das Torrinhas, que encontra-se em contato lateral com a Formação Pedra Pintada. O objetivo da análise de proveniência de seixos é avaliar o quanto as diversas áreas fontes contribuíram para a sedimentação das unidades estudadas. A análise de proveniência de seixos permite a inferência direta de litotipos da área fonte e pode ser útil para análise do regime tectônico atuante durante a sedimentação. O regime tectônico pode ser inferido através da avaliação da contribuição dos litotipos de área fonte específica do embasamento em relação à contribuição por retrabalhamento dos sedimentos da bacia. Isto permite inferir soerguimentos ou rebaixamentos atuantes durante a deposição. No entanto, deve-se considerar o fato de que a variação da susceptibilidade à fragmentação de rochas distintas pode fazer com que a composição dos seixos não seja representativa da área-fonte. Além disso, litotipos conglomeráticos encontram-se apenas em intervalos estratigráficos compostos por sedimentos aluviais e fluviais.

4.3. Análise petrográfica de seções delgadas

A análise petrográfica das seções delgadas tem como objetivo a classificação das rochas arenosas amostradas. Para isto, utilizou-se a classificação proposta por Folk (1968), que enfatiza os componentes do arcabouço. A caracterização petrográfica do arcabouço, matriz e cimento das rochas arenosas possibilita ainda o refinamento da descrição das fácies, assim como também fornece indícios de suas rochas fontes e parâmetros de correlação entre unidades ou horizontes estratigráficos.

4.4. Análise de minerais pesados

O número de amostras submetidas à análise de minerais pesados foi estabelecido de modo que seja suficiente a permitir o cálculo de estatísticas confiáveis para comparação entre as unidades estratigráficas do Grupo Guaritas.

As etapas envolvidas na confecção das lâminas de grãos de minerais pesados foram:

- Ataque com ácido clorídrico 10% (HCl). Isto foi necessário devido à intensa cimentação carbonática, o que impede a desagregação manual das amostras sem influenciar significativamente a textura dos grãos de minerais pesados;
- Desagregação em almofariz com pilão de borracha para minimizar a fragmentação de grãos menos resistentes;
- Elutriação para remoção das frações argila e silte e dos minerais micáceos;
- Peneiramento e separação da fração areia muito fina (0,063 mm a 0,125 mm) para a separação densimétrica;
- Ensaio de flutuação-afundamento em líquido denso (bromofórmio, CHBr_3 , $\rho=2,85\text{g/cm}^3$), seguindo os procedimentos descritos por Parfernoff *et al.* (1970);
- Separação das frações magnética e não-magnética com auxílio de imã de mão;
- Confecção das lâminas de grãos de minerais pesados não-magnéticos, utilizando-se Bálsamo do Canadá;
- Identificação e quantificação das assembléias minerais ao microscópio óptico (contagem de grãos).
- Quantificação dos pares minerais (zircão/turmalina e zircão/rutilo) para cálculo dos índices ZTi e ZRi.
- Quantificação das classes texturais de zircão.

Amostras que não foram atacadas com HCl revelaram maior teor de apatita. Isto sugere redução significativa do teor em apatita devido ao ataque por HCl. Devido a isso, decidiu-se não utilizar índices mineralógicos que consideram o teor em apatita, como o índice ZTR. Por esse motivo, optou-se pela utilização de índices mineralógicos independentes do teor em apatita. Assim, utilizou-se os índices ZTi (zircão/(turmalina+zircão)), ZRi (rutilo/(rutilo+zircão)) e AR (zircão arredondado/total de grãos de zircão).

A análise de proveniência por análise de minerais pesados na fração areia é importante principalmente para sedimentos de origem eólica, pois estes não possuem rochas conglomeráticas, o que impossibilita a avaliação da proveniência por análise de seixos.

4.5. Análise estatística dos dados

4.5.1. Análise estatística descritiva

Para cada amostra foram calculados os índices ZTi, ZRi e AR, os quais foram organizados em planilhas do software EXCEL 2007 e analisados no software MINITAB Release 13.0. Os valores dos índices ZTi, ZRi e as porcentagens de grãos arredondados de zircão (AR) foram resumidos por estatísticas descritivas (média, desvio padrão, quartis, mediana, máximo e mínimo) e representados por gráficos de variação da média (Figura 7).

Gráficos de variação da média foram utilizados para análise comparativa entre unidades estratigráficas e fácies pelos índices mineralógicos ZTi, ZRi e AR.

4.5.2. Análise de agrupamento

A análise de agrupamento mede a semelhança entre observações e as separa em grupos (Manly, 1994). A semelhança equivale à distância entre pontos calculada a partir dos valores das variáveis utilizadas na análise. Há vários métodos de medida desta distância, sendo que neste estudo utilizou-se a distância euclidiana ao quadrado. A distância euclidiana é uma medida de *dissimilaridade*, ou seja, quanto menor seu valor, mais parecidas são as observações comparadas. Também há diversos métodos de agrupamento, os quais utilizam critérios distintos. Neste trabalho, optou-se pelo método de *Ward*, que é apropriado para variáveis de natureza quantitativa (passíveis do cálculo de média). O agrupamento realizado por este método segue critério de variância mínima. Assim, as observações são aglomeradas de modo que os grupos criados tenham variância mínima (grupos homogêneos) e sejam diferentes entre si. Variáveis com intervalo de variação distintos devem ser normalizadas para evitar sobrevalorização das variáveis de maiores valores absolutos.

A análise de agrupamento foi utilizada para classificação das unidades estudadas com base nos valores médios e desvios padrão dos índices mineralógicos ZTi, ZRi e AR obtidos para cada amostra. Portanto, trata-se de classificação baseada em parâmetros independentes entre si.

5. FUNDAMENTAÇÃO BIBLIOGRÁFICA

5.1. Contexto Tectono-Estratigráfico

O Supergrupo Camaquã ocorre na região centro-sul do Rio Grande do Sul e depositou-se em uma bacia distensional do tipo *rift* (Fragoso-Cesar 1991, Fragoso-Cesar *et al.* 1999). O Grupo Guaritas, pertencente ao Supergrupo Camaquã, ocorre tectonicamente alojado entre os altos do embasamento da serra das Encantadas e de Caçapava do Sul, localmente recobrando o último. Os contornos originais da bacia encontram-se em parte preservados: uma faixa de direção NNE-SSW, com cerca de 50 km de largura e mais de 150 km de extensão, sendo recoberta por depósitos permianos da Bacia do Paraná em suas extremidades (Figura 2). Além dos flancos do *rift*, o embasamento do Grupo Guaritas aflora a sul, sendo constituído por complexos metamórficos e plutônicos das estruturas brasileiras da região, incluindo o flanco ocidental do Cinturão Dom Feliciano e seu limite com o Terreno Rio Vacacaí, além do extremo setentrional do Cráton do Rio de La Plata (Fragoso-Cesar 1980, 1991). As estruturas tectônicas desse embasamento foram reativadas diversas vezes, durante e após a instalação do *rift*.

Além de rochas ígneas e metamórficas, o Grupo Guaritas sobrepõe-se a sucessões não-metamórficas com mais de 10 km de espessura das unidades mais antigas do Supergrupo Camaquã, as quais foram deformadas de modo dútil e dispostas em camadas com direções em torno de NNE-SSW e mergulhos entre 20° e 50° ou localmente sub-verticais (Almeida 2005). Estas sucessões foram depositadas na Bacia do Camaquã durante o Ediacarano e compõem as seguintes unidades: Grupo Maricá (siliciclástico), Grupo Bom Jardim (vulcano-sedimentar), Formação Acampamento Velho (vulcânica) e Grupo Santa Bárbara (siliciclástico). Durante a sedimentação do Grupo Santa Bárbara, a Bacia do Camaquã foi compartimentada em três sub-bacias: Camaquã Ocidental, Camaquã Central e Camaquã Oriental, sendo que a estruturação da Sub-Bacia Camaquã Central coincide com a do *rift* ao tempo da deposição do Grupo Guaritas (Almeida 2005).

5.2. O Grupo Guaritas

O Grupo Guaritas é constituído por mais de 1000 m de espessura em sedimentos e corresponde ao topo do Supergrupo Camaquã. É formado por arenitos conglomeráticos, conglomerados, ritmitos areno-pelíticos e arenitos finos a médios com séries métricas de estratificação cruzada. Seus arenitos são essencialmente arcoseanos, variando para arenitos líticos e apresentam cimentação carbonática. Todas as suas unidades internas são interpretadas como tendo origem continental (e.g. Robertson 1966, Lavina *et al.* 1985, Paim 1994).

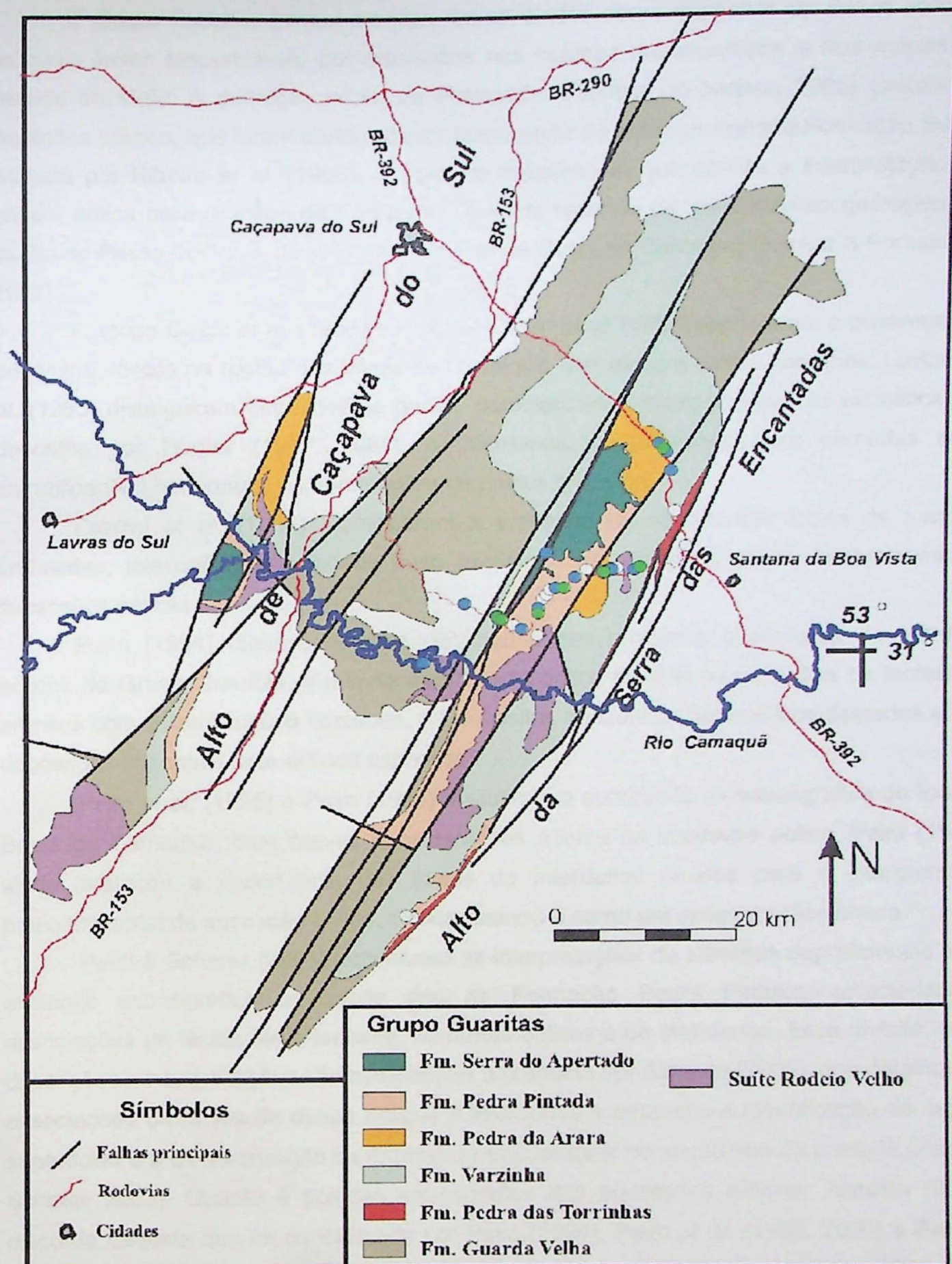


Figura 2: Mapa geológico esquemático do Grupo Guaritas, com localização dos afloramentos descritos. Mapa elaborado por Almeida (2005) (baseado em Ribeiro *et al.* (1966), Ribeiro (1970), Becker & Fernandes (1982), Silva Filho (1997), Fambrini (1998), Paim *et al.* (2002)). Pontos brancos = descrição de afloramento e coleta de amostras, pontos verdes = descrição da assembléia de minerais pesados, pontos azuis = descrição petrográfica de seções delgadas e da assembléia de minerais pesados.

O Grupo Guaritas possui arenitos, interpretados como depósitos de dunas eólicas, os quais foram responsáveis por equívocos nas colunas estratigráficas e nos mapas da década de 1960. A definição inicial da Formação Guaritas (Robertson 1966) excluía os depósitos eólicos, que foram cartografados como parte da então designada Formação Santa Bárbara por Ribeiro *et al.* (1966). O primeiro trabalho em que consta a interpretação de origem eólica para arenitos da Formação Guaritas resultou de mapeamento geológico na região do Passo do Tigre, no extremo sudoeste da Bacia do Camaquã (Becker & Fernandes 1982).

Fragoso-Cesar *et al.* (1984) e Fragoso-Cesar *et al.* (1985) registraram a presença de depósitos eólicos na região das Minas do Camaquã, atribuídos a dunas barcanas. Lavina *et al.* (1985) distinguiram depósitos de dunas, caracterizadas pelos padrões de estratificação descritos por Hunter (1977, 1981), e interdunas, caracterizadas por camadas com estratificações horizontais e intercalações de pelitos gretados.

Faccini *et al.* (1987) identificaram a presença de abundantes fácies de marcas onduladas, interpretadas como de fluxo oscilatório em ambiente praial, intercaladas às sucessões eólicas.

Paim (1994) realizou estudos detalhados nas principais exposições de arenitos eólicos do Grupo Guaritas, dividindo a sucessão eólica em três associações de fácies: (i) arenitos com estratificações cruzadas, (ii) depósitos horizontais heterolíticos delgados e (iii) depósitos horizontais heterolíticos espessos.

Paim *et al.* (1995) e Paim (1996) discutiram a subdivisão aloestratigráfica de toda a Bacia do Camaquã, com breves considerações acerca da sucessão eólica. Paim (1996) ainda destacou a importância das fácies de interdunas úmidas para a interpretação paleoambiental da sucessão eólica, caracterizando-a como um sistema eólico úmido.

Paim & Scherer (2003) detalharam as interpretações de sistemas deposicionais e de evolução estratigráfica da seção tipo da Formação Pedra Pintada, caracterizando associações de fácies flúvio-lacustre, de dunas eólicas e de interdunas. Essa divisão, suas descrições e interpretações são compatíveis à proposta por Almeida (2005), que detalhou as associações de fácies de dunas eólicas e interdunas e expandiu a identificação de super-superfícies e a caracterização da arquitetura deposicional na seção-tipo da unidade (Paim & Scherer 2003). Quanto à posição estratigráfica das sucessões eólicas, Almeida (2005) discorda daquela que foi considerada por Paim (1994), Paim *et al.* (1995, 2000) e Paim & Scherer (2003). Enquanto Almeida (2005) revela que toda a sucessão eólica tem posicionamento estratigráfico inferior às sucessões aluviais (Formação Serra do Apertado), com a sucessão com paleoventos para SSW (Formação Pedra da Arara) abaixo da sucessão com paleoventos para NNE (Formação Pedra Pintada), Paim (1994), Paim *et al.* (1995, 2000) e Paim & Scherer (2003) consideram a existência de duas aloformações

eólicas distintas, separadas por depósitos aluviais equivalentes às sucessões aluviais supracitadas.

Neste estudo, considera-se que o Grupo Guaritas teve sua deposição durante o Eocambriano, sendo adotada a subdivisão estratigráfica proposta por Almeida (2005). De acordo com este autor, o Grupo Guaritas compreende as seguintes formações:

-Fm. Guarda Velha: formada por arenitos, conglomerados e arenitos conglomeráticos de origem fluvial (figura 3a). Trata-se da unidade mais basal do Grupo Guaritas.

-Fm. Pedra Pintada: possui fácies eólicas de dunas (figura 3c) e raramente interdunas, além de arenitos e arenitos conglomeráticos fluviais. Suas fácies eólicas apresentam rumo de paleoventos para NE.

-Fm. Pedra da Arara: possui fácies eólicas de duna (figura 3e) e interduna. De modo subordinado, ocorrem também fácies fluviais (figura 3d) de canais de rios efêmeros. Suas fácies eólicas apresentam rumo de paleoventos para SW.

-Fm. Varzinha: apresenta fácies fluvio-deltáicas com presença de ritmitos psamopelíticos (figura 3b). Ocorre em contato lateral às formações Pedra Pintada, Pedra da Arara e Pedra das Torrinhas.

-Fm. Pedra das Torrinhas: formada por fácies de leques aluviais, sendo constituída por conglomerados a arenitos conglomeráticos.

-Fm. Serra do Apertado: é a unidade superior do Grupo Guaritas (figura 3f), recobrendo as quatro formações anteriores. É formada por arenitos e conglomerados de origem fluvial.

5.3. A interação eólico-fluvial em sistemas deposicionais

Sistemas deposicionais eólicos e aluviais, por serem responsáveis por importantes reservatórios de hidrocarbonetos e por aquíferos de grandes dimensões, têm sido alvos preferenciais para estudos de arquitetura deposicional em anos recentes. Modelos de fácies bastante detalhados foram desenvolvidos para os principais tipos de sistemas deposicionais fluviais (e.g. Collinson 1996, Miall 1996) e eólicos (e.g. Brookfield 1992, Kocurek 1996). Porém, as particularidades e os tipos de interações entre os dois sistemas são menos documentados (e.g. Langford 1989, Langford & Chan 1989), com raras descrições da arquitetura deposicional resultante.

Estudos em andamento no Grupo Guaritas têm revelado a presença de elementos de interação eólico-fluvial ainda pouco registrados na bibliografia. Tais elementos incluem fácies de inundação de áreas de interdunas por sistemas fluviais adjacentes, semelhantes às descritas por Stanistreet & Stollhofen (2002) em depósitos recentes no deserto da Namíbia, e o desenvolvimento de lençóis de areia e pequenas dunas eólicas associados a sistemas aluviais efêmeros e regiões distais de leques aluviais.

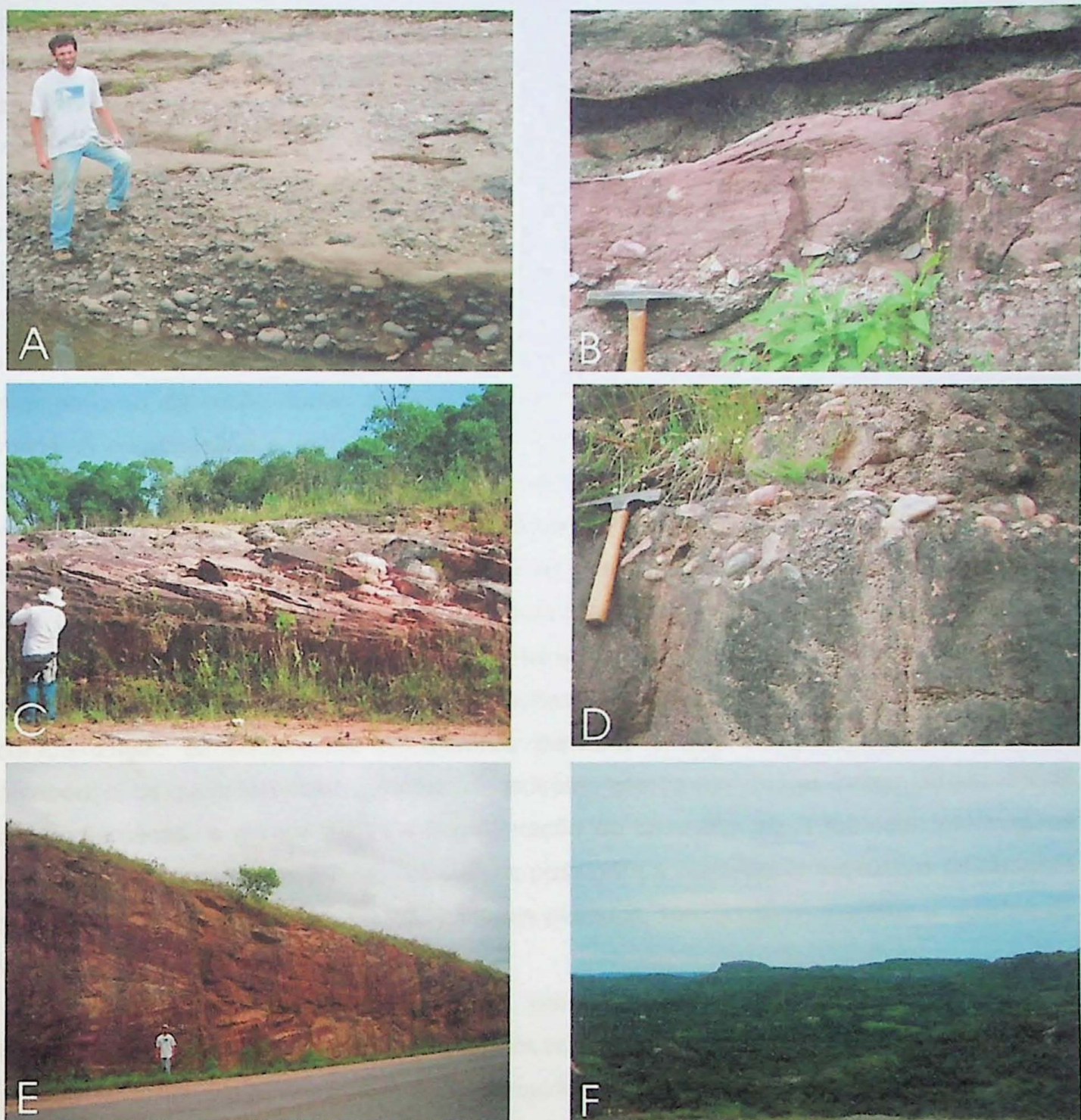


Figura 3: A. Conglomerados e arenitos conglomeráticos da Formação Guarda Velha (base do Grupo Guaritas); B. Arenitos conglomeráticos, arenitos com estratificação cruzada e camadas pelíticas da Formação Varzinha; C. Arenitos com estratificação cruzada de série métrica da Formação Pedra Pintada; D. Arenitos conglomeráticos da Formação Pedra da Arara; E. Arenitos com estratificação cruzada acanalada de série métrica da Formação Pedra da Arara; F. Visão geomorfológica da Formação Serra do Apertado, que recobre as outras unidades.

5.4. Proveniência sedimentar

O termo proveniência vem do latim *provenire*, significando *de onde veio, origem*. Weltje & von Eynatten (2004) consideram como análise de proveniência todo o tipo de investigação que possa ajudar a reconstruir a litosfera da Terra. Em Geologia Sedimentar, esse termo tem sido usado para unir diversos fatores relacionados à produção do

sedimento, com especial atenção à composição das rochas fontes, assim como ao ambiente geológico e ao clima atuante na área fonte do sedimento. O objetivo do estudo de proveniência é reconstruir e interpretar a história do sedimento desde a erosão inicial da rocha fonte até a deposição final de seus detritos, ou seja, construir a árvore genealógica do sedimento. Com o estudo da proveniência pode-se deduzir as características das áreas fontes por meio das propriedades composicionais e texturais dos sedimentos e, junto de outros métodos de pesquisa, caracterizar a possível relação entre unidades geológicas separadas espacialmente.

A caracterização da proveniência dos sedimentos independe da idade geológica, sendo controlada por alterações texturais e composicionais ocorridas durante as etapas de intemperismo da rocha fonte, erosão, transporte e alteração pós-deposicional (Pettijohn 1941). A diagênese e o metamorfismo, por exemplo, recristalizam minerais e alteram as características texturais e composicionais primárias ou ainda formam novos minerais, mudando a assembléia mineralógica deposicional do sedimento. No caso da composição da assembléia de minerais pesados, esta pode ser alterada pela remoção dos minerais mais instáveis ao intemperismo, por abrasão durante o transporte e perdas causadas por dissolução após a sedimentação (dissolução intraestratal) (Pettijohn 1975).

A análise de proveniência de rochas arenosas pode ser feita através da caracterização da assembléia de minerais pesados e dos componentes principais do arcabouço, os quais fornecem informações indiretas acerca das rochas fontes. Já em rochas conglomeráticas, o menor grau de fragmentação do cascalho pode fornecer informações diretas acerca das rochas fontes. Além disto, possibilita a observação de rochas dificilmente reconhecíveis através da análise de minerais pesados, tais como o quartzito e quartzo de veio.

Além da assembléia de minerais pesados, razões entre minerais (Morton & Hallsworth 1994, 1999) e grau de maturidade textural (e.g. Nascimento & Góes 2005) podem ser utilizadas para a inferência de áreas fontes ou correlação entre unidades.

6. RESULTADOS

6.1. Atividades de campo – Descrição de fácies e coleta de amostras para estudos petrográficos

Foi realizada uma etapa de campo no período de 29 de março a 06 de abril de 2007, nos arredores de Minas do Camaquã e Santana da Boa Vista, da qual participaram o aluno Jorge Emanuel dos Santos Nóbrega, os professores Dr. Renato Paes de Almeida e Dr. André Oliveira Sawakuchi e o geólogo Felipe Torres Figueiredo (mestrando do IGc-USP). Esta etapa teve como objetivos a coleta de amostras para as análises de minerais pesados e confecção de seções delgadas, a realização de descrição de fácies sedimentares (tabela 1) e o levantamento de seções estratigráficas, com tomada de medidas de acamamento e paleocorrentes.

Uma segunda etapa de campo foi realizada entre 05 e 11 de maio de 2007, na região de Pedra da Torrinha, em que participaram os alunos Jorge Emanuel dos Santos Nóbrega, André Marconato, Maurício Guerreiro M. dos Santos e Rogério Brandi de Souza. Esta etapa teve como objetivo principal o Trabalho de Formatura do aluno André Marconato. Porém, foi realizado também a análise de proveniência de seixos em afloramentos das formações Serra do Apertado e Pedra das Torrinhas para complementação deste trabalho.

Nestas etapas de campo, foram coletadas cerca de 50 amostras de todas as unidades do Grupo Guaritas, com ênfase nas fácies eólicas, e das unidades do embasamento para estudos petrográficos de seções delgadas e de minerais pesados. Além disso, realizou-se a identificação e contagem de seixos em oito afloramentos de fácies fluviais das unidades Varzinha, Pedra das Torrinhas e Serra do Apertado.

6.2. Identificação e quantificação de seixos em conglomerados e arenitos conglomeráticos

Foram comparados os resultados da quantificação tipológica de seixos realizadas em oito afloramentos de conglomerados ou arenitos conglomeráticos das formações Varzinha (1 afloramento), Pedra das Torrinhas (unidade de borda da bacia formada por depósitos de leques aluviais – 4 afloramentos) e Serra do Apertado (3 afloramentos). Os resultados podem ser observados na figura 4. Na Formação Varzinha, a fração cascalho dos arenitos conglomeráticos é formada predominantemente por seixos bem arredondados. Nota-se grande quantidade de seixos de quartzo de veio, rochas ígneas ácidas e rochas miloníticas. Nas rochas rudáceas da Formação Pedra das Torrinhas também predominam grãos de seixo na fração cascalho. Porém, os seixos são subangulosos a angulosos, com maior proporção de rochas miloníticas em relação à rochas ígneas ácidas e metamórficas xistosas. Na Formação Serra do Apertado, a fração predominante nos litotipos rudáceos é a de calhau. Os clastos são bem arredondados e há maior concentração de clastos de rochas

ígneas ácidas em relação aos de rochas miloníticas, além de pequena quantidade de fragmentos de rochas sedimentares e quartzo de veio.

Fácies sedimentares	Unidades estratigráficas	Sistemas deposicionais (Almeida, 2005)	Número de amostras coletadas
Arenito fino com estratificação cruzada acanalada em séries decimétricas a métricas. A gênese desta fácies é atribuída à migração de dunas barcanas (fácies eólica dunar).	Fm. Pedra Pintada	Sistema eólico – associação de fácies de campo de dunas	10
	Fm. Pedra da Arara		7
Arenito fino com estratificação plano-paralela em séries métricas. Ocorrem níveis pelíticos gretados ou contínuos. Fácies formada pela acumulação de areia em planície interdunar susceptível a períodos de inundação (fácies eólica de planície interdunar).	Fm. Pedra Pintada	Sistema eólico- associação de fácies de planície interdunar	1
Arenito conglomerático e conglomerado com estratificação cruzada acanalada em séries decimétricas a métricas. Fácies formada por migração de barras de cascalho em sistema fluvial.	Grupo Santa Bárbara	Sistema fluvial	1
	Fm. Guarda Velha		2
	Fm. Serra do Apertado		3
Arenito fino com intercalações centimétricas a decimétricas de siltito e folhelho. Depósitos associados à planície de inundação.	Fm. Varzinha	Sistema fluvial entrelaçado	8
Arenito fino com estratificação plano-paralela em séries decimétricas. Deposição de areia em depressão interdunar.	Fm. Pedra Pintada	Sistema eólico – associação de fácies de campo de dunas	2
Arenito com grânulos e seixos e estratificação plano-paralela. Fácies de canal fluvial.	Fm. Pedra da Arara	Sistema fluvial entrelaçado	6
Arenito conglomerático com estratificação cruzada incipiente. Fácies depositadas em barras de canal fluvial.	Fm. Varzinha	Sistema fluvial entrelaçado	6

Tabela 1: Fácies sedimentares das unidades Santa Bárbara, Guarda Velha, Pedra das Torrinhas, Varzinha, Pedra Pintada, Pedra da Arara e Serra do Apertado, amostradas para estudos petrográficos.

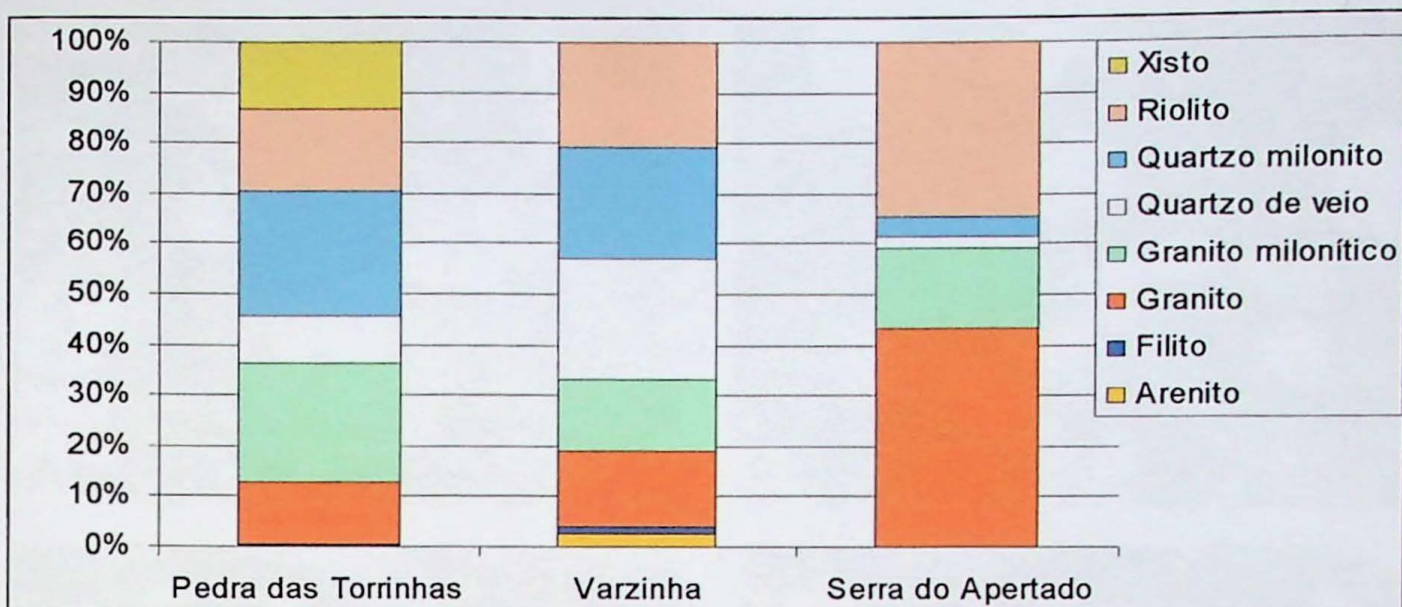


Figura 4: Valores médios da quantificação da assembléia de seixos para as formações Pedra das Torrinhas, Varzinha e Serra do Apertado.

6.3. Descrição petrográfica das seções delgadas de arenitos

Foram confeccionadas 20 seções delgadas de amostras de arenitos que contemplaram as unidades estratigráficas de interesse e que são representativas da área geográfica abrangida pelo estudo. As principais características texturais e mineralógicas e a classificação petrográfica, segundo Folk (1968), das amostras estudadas são descritas a seguir.

Grupo Santa Bárbara – fácies fluvial (Lâmina P36): arcóseo a arcóseo lítico, com fragmentos líticos diversos (filito, granito, quartzito, arenito), cimentação carbonática, silicosa e ferruginosa (figura 5a). Os grãos do arcabouço são angulosos e sub-angulosos, com pequena quantidade de grãos sub-arredondados.

Formação Guarda Velha – fácies fluvial (Lâmina P35): arcóseo a arcóseo lítico, com fragmentos líticos de quartzito, granito e xisto. Possui cimentação carbonática. O arcabouço é composto predominantemente por grãos sub-angulosos e pequena quantidade de grãos sub-arredondados e angulosos (figura 5b).

Formação Varzinha – fácies fluvial (Lâminas P01, P03, P06, P30, P32, P39): arcóseos a arcóseos líticos com fragmentos de quartzito, granito, xisto e arenito, às vezes milimétricos (figura 5c). Possuem cimentação carbonática, com cimentação ferruginosa associada. Arcabouço com predomínio de grãos sub-angulosos e ocorrência de grãos sub-arredondados e angulosos.

Formação Serra do Apertado – fácies fluvial (Lâminas P27 e P25B): arcóseos a arcóseos líticos com fragmentos líticos de quartzito, xisto, granito e arenito, às vezes milimétricos. A cimentação predominante é carbonática e ferruginosa em menor quantidade. O arcabouço é formado predominantemente por grãos sub-angulosos (figura 5f) e contém também grãos sub-arredondados e angulosos.

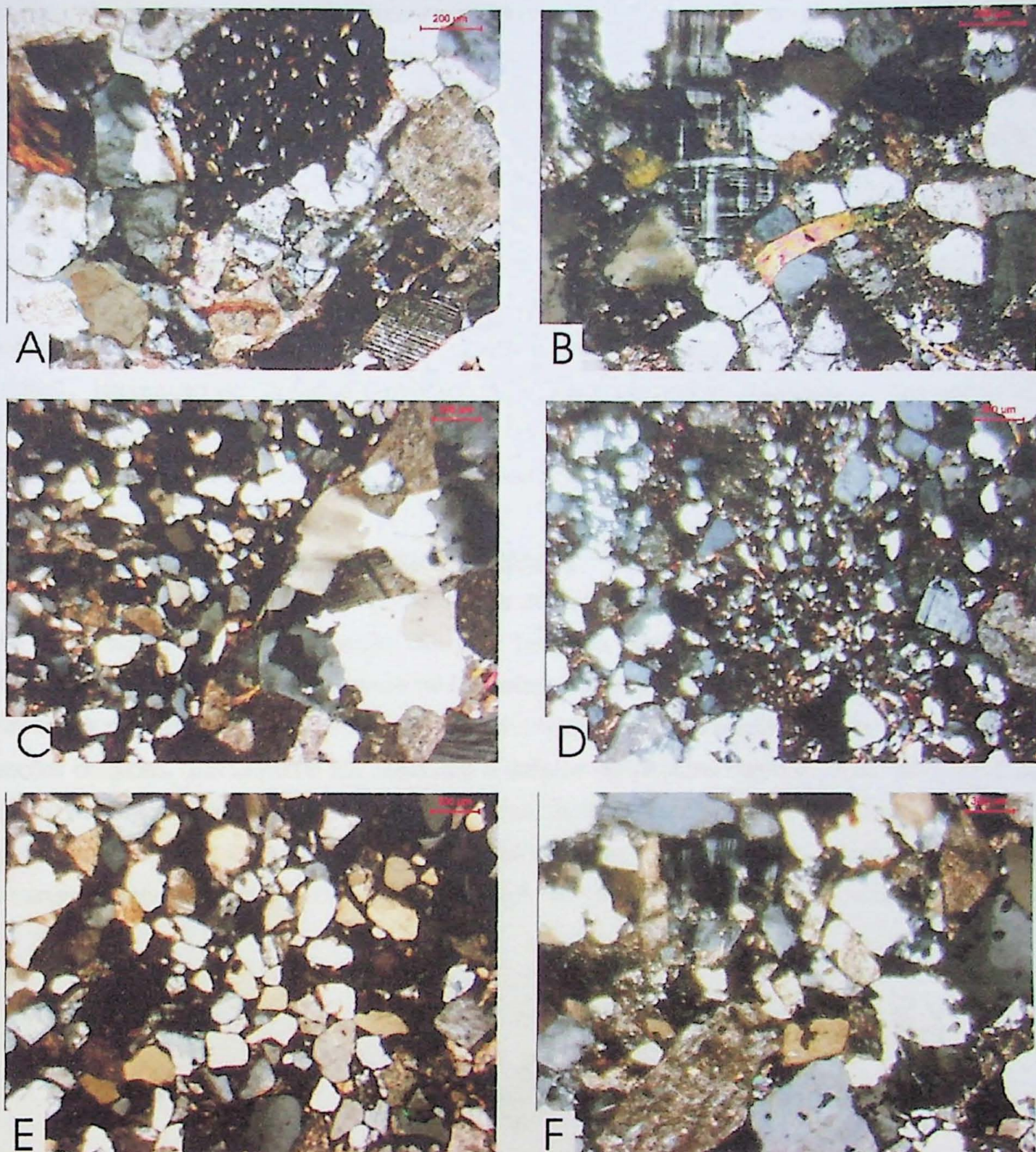


Figura 5: Fotomicrografias de seções delgadas, sob polarizadores cruzados. A. Arcóseo do Grupo Santa Bárbara. Notar fragmento lítico na parte superior da imagem; B. Clasto de microclínio e muscovita detritica em arcóseo da Formação Guarda Velha; C. Arcóseo lítico da Formação Varzinha. Notar fragmento milimétrico de granito à direita da imagem; D. Subarcóseo da Formação Pedra Pintada. Atentar para a bimodalidade granulométrica, que pode estar associado a processos de queda e fluxo de grãos; E. Subarcóseo com grãos arredondados da Formação Pedra da Arara; F. Arcóseo lítico, com fragmentos de quartzito, da Formação Serra do Apertado.

Formação Pedra Pintada – fácies eólica dunar (Lâminas P08A, P15) – fácies eólica interdunar (Lâminas P08B, P12): arcóseos a sub-arcóseos (figura 5d), com cimentação

carbonática e ferruginosa em menor quantidade. Os grãos do arcabouço são principalmente sub-angulosos e sub-arredondados, com presença de grãos arredondados e angulosos.

Formação Pedra da Arara – fácies eólica (Lâminas P18, P25A, P29, P40 e P43) – fácies fluvial (Lâmina P20): arcóseos a sub-arcóseos, com cimentação carbonática e ferruginosa em menor proporção. A fácies fluvial não apresenta fragmentos líticos, assim como a eólica (figura 5e). Arcabouço formado por grãos sub-angulosos e sub-arredondados, com presença de grãos arredondados e angulosos em menor quantidade.

As rochas dos grupos Santa Bárbara e Guaritas correspondem a arcóseos, subarcóseos e arcóseos líticos (Folk, 1968) e indicam, segundo o diagrama de Dickinson (1985), deposição em ambiente tectônico de bloco continental soerguido a transicional. Esses resultados são compatíveis com os apresentados por De Ros *et al.* (1994). A grande quantidade de grãos de feldspato sugere ambiente árido e/ou distância de transporte curta.

6.4. Descrição da assembléia de minerais pesados

Foram confeccionadas 29 lâminas de minerais pesados em grãos, sendo que todas as amostras descritas em seção delgada têm seu equivalente em lâminas de grãos. Algumas amostras apresentaram-se mais resistentes à desagregação por ataque ácido, devido à presença de cimentação silicosa e ferruginosa evidenciadas pela petrografia de seções delgadas. Inicialmente foi realizada a análise qualitativa com o objetivo de identificar os minerais pesados presentes em cada lâmina. A quantificação da assembléia de minerais pesados de cada lâmina foi obtida contando-se 100 grãos de minerais pesados transparentes e não-micáceos ao longo de uma linha reta traçada na lâmina.

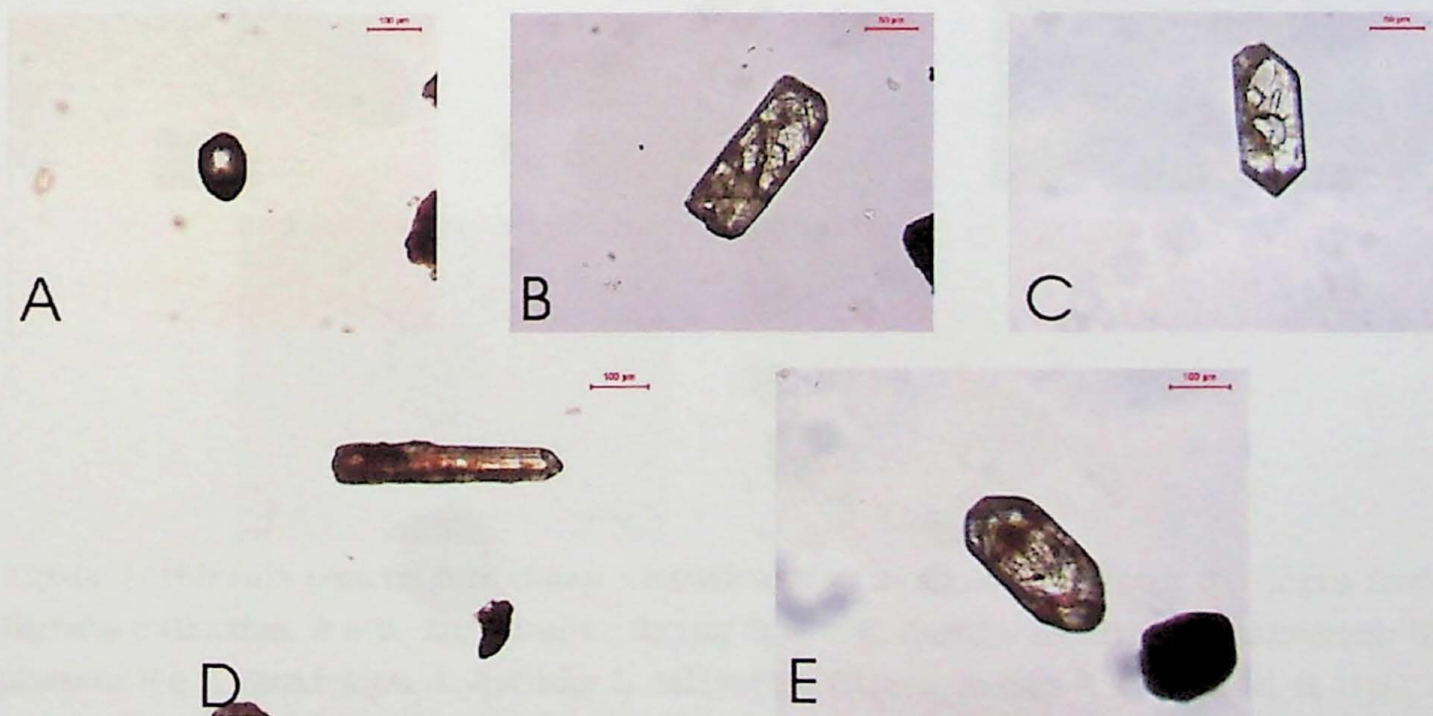


Figura 6: Tipos morfológicos de grãos de zircão. A. Arredondado (AR); B. Subarredondado/subédrico (SU); C. Euédrico (EU); D. Alongado (AL); E. Grão zonado da classe SU.

Os minerais pesados identificados foram: zircão, turmalina, rutilo, anatásio, apatita, granada, monazita, silimanita, cianita, epidoto, fluorita, estaurolita, titanita e glaucônita. Além disto, foram reconhecidas variedades distintas de um mesmo mineral, como por exemplo, o zircão que ocorre em cinco formas bem definidas: alongado euédrico, curto euédrico, curto arredondado, curto subédrico/subarredondado e anédrico (figura 6). A turmalina ocorre nas variedades de cor verde, vermelha e azul. A apatita apresenta-se em grãos arredondados equidimensionais e alongados subédricos.

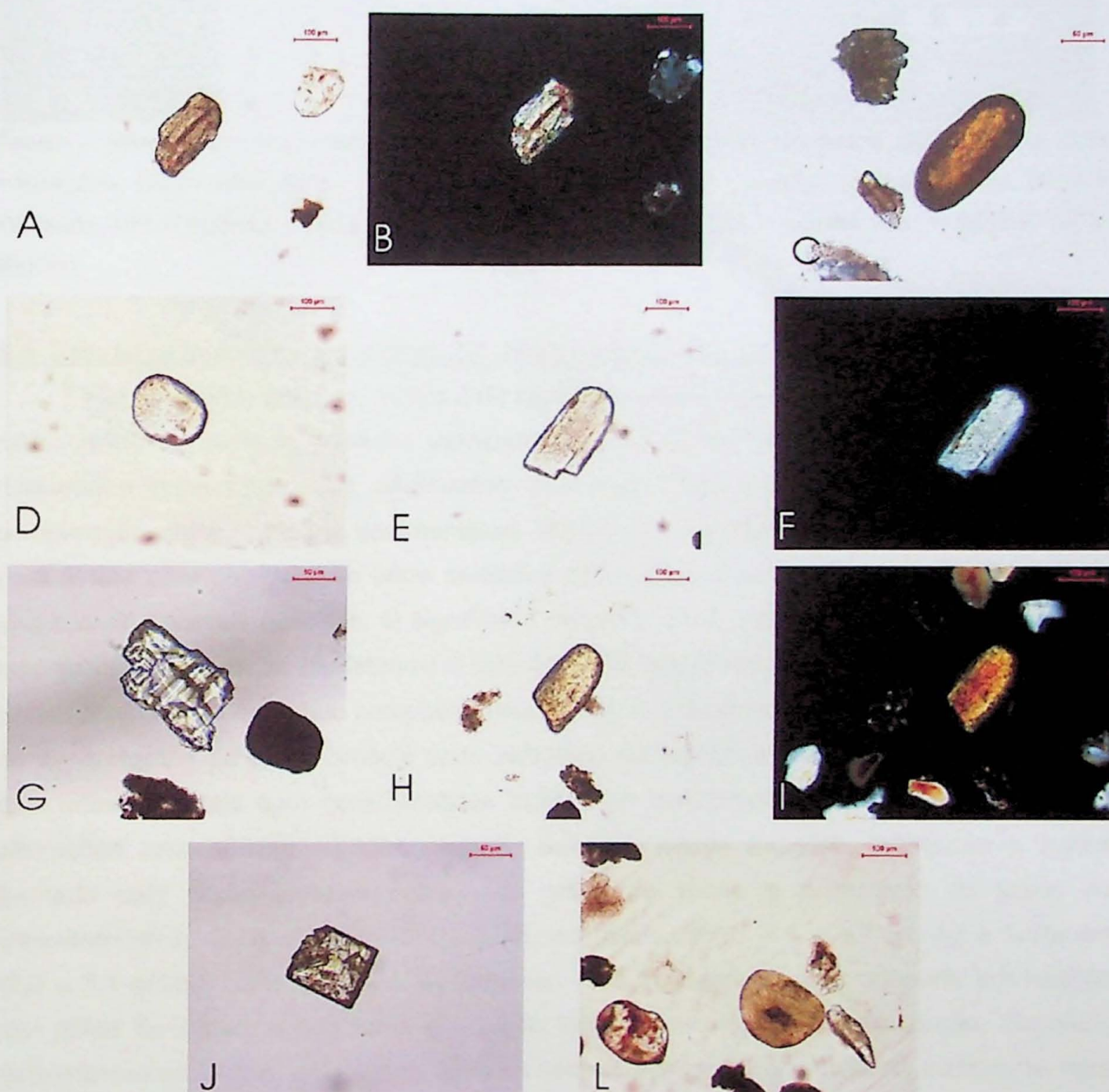


Figura 7: Minerais pesados mais comuns identificados em amostras de arenitos dos grupos Santa Bárbara e Guaritas. A e B. Turmalina; C. Rutilo; D, E e F. Apatita arredondada e subédrica; G. Granada; H e I. Estaurolita; J. Anatásio; L. Sillimanita fibrosa. Imagens A, C, D, E, G, H, J e L a polarizadores paralelos. Imagens B, F e I a polarizadores cruzados.

Os minerais pesados zircão, turmalina, rutilo, anatásio, apatita, granada e sillimanita (figura 7) foram identificados em todas as unidades (tabela 2). A monazita foi encontrada apenas nas formações Guarda Velha, Varzinha, Pedra da Arara e Serra do Apertado. No Grupo Santa Bárbara foram identificados ainda os minerais estauroлита (figura 7h e 7i), titanita e glauconita e na Formação Varzinha foram identificados cianita, fluorita e epidoto.

UNIDADE	ZIR	TUR	RUT	APA	ANA	GRA	SIL	MON	EPI	GLA	EST	CIA	FLU	TIT
Santa Bárbara	X	X	X	X	X	X	X			X	X			X
Guarda Velha	X	X	X	X	X	X	X	X						
Varzinha	X	X	X	X	X	X	X	X	X			X	X	
Pedra Pintada	X	X	X	X	X	X	X							
Pedra da Arara	X	X	X	X	X	X	X	X						
Serra do Apertado	X	X	X	X	X	X	X	X						

Tabela 2: Minerais pesados identificados nas unidades estratigráficas estudadas. (ZIR = zircão, TUR = turmalina, RUT= rutilo, APA = apatita, ANA = Anátasio, GRA = granada, SIL = sillimanita, MON = monazita, EPI = epidoto, GLA = glauconita, EST = estauroлита, CIA = cianita, FLU = fluorita, TIT = titanita).

6.5. Estatística descritiva dos índices ZTi, ZRi e proporção de tipos morfológicos de zircão

Hubert (1962) definiu o índice ZTR (somatório das proporções de zircão, turmalina e rutilo dentre os minerais pesados transparentes não micáceos) como sendo indicador de maturidade mineralógica de sedimentos arenosos. Este índice serve como fator de comparação entre unidades sedimentares. Morton & Hallsworth (1994, 1999) forneceram parâmetros para comparação entre unidades sedimentares por meio da razão entre tipos distintos de minerais pesados. O significado destes índices depende do contraste entre as características químicas (resistência à dissolução) e físicas (resistência à abrasão, forma e densidade) dos minerais que compõem o respectivo índice. O índice ZRi por exemplo (grãos de zircão/(grãos de rutilo+zircão)) seria indicativo de mudanças de área fonte primária, já que reúne minerais com características hidráulicas semelhantes e pouco susceptíveis à alterações intempéricas ou intraestratais. Baseado nesse trabalho, definiu-se o índice formado pela razão entre o número de grãos de zircão e o número de grãos de turmalina+zircão (ZTi). O contraste de densidade entre zircão (4,6 a 4,7 g/cm³) e turmalina (2,9 a 3,1 g/cm³) torna os grãos de turmalina mais susceptíveis ao transporte em relação aos grãos de zircão, o que torna a unidade fonte relativamente rica em zircão. Seguindo este mesmo raciocínio, este índice também seria indicador de distância de transporte, com concentração de turmalina nos sedimentos mais distais. Assim, calculou-se os índices ZRi e ZTi para as unidades estudadas (Tabela 3), que permitiram classificar e comparar as unidades estratigráficas estudadas segundo os critérios proveniência sedimentar primária e grau de retrabalhamento dos seus sedimentos.

		ZTi	ZRi	AR	SA	EU	QB	AL
Média	Varzinha	74.7	95.1	9.7	64.1	2.3	10.2	0.7
	Pedra Pintada	75.2	92.4	8.3	58.7	1.3	6.5	0.7
	Pedra da Arara	71.1	92.6	16.9	68.0	3.5	10.2	0.6
	Serra do Apertado	79.0	95.6	4.5	57.0	4.5	9.5	0
Desvio Padrão	Varzinha	14.0	4.8	6.9	19.2	1.7	2.6	1
	Pedra Pintada	13.9	5.4	5.9	31.6	0.5	2.7	1.0
	Pedra da Arara	15.3	4.5	9.5	13.1	3.9	3.6	0.7
	Serra do Apertado	12.8	0.8	2.1	29.7	0.7	2.1	0
Primeiro Quartil	Varzinha	68.2	93.1	5	54.5	1.5	8	0
	Pedra Pintada	63.1	87.8	3.3	20.8	1	4.3	0
	Pedra da Arara	58.8	87.5	10.5	63	1	7.5	0
	Serra do Apertado	*	*	*	*	*	*	*
Mediana	Varzinha	71	96.4	6	68	2	11	0
	Pedra Pintada	74.7	95	8.5	75	1	7	0
	Pedra da Arara	76.5	94	16.5	72	2	10.5	0.5
	Serra do Apertado	79.0	95.6	4.5	57	4.5	9.5	0
Segundo Quartil	Varzinha	85.5	98.5	14	79.5	3	13	2
	Pedra Pintada	88.9	96	12	81.3	2	9	2
	Pedra da Arara	80.8	96	18.5	77.3	5.5	14	1
	Serra do Apertado	*	*	*	*	*	*	*
Mínimo	Varzinha	47	84	4	22	0	6	0
	Pedra Pintada	55.7	82.6	1	14	1	2	0
	Pedra da Arara	37	86	7	37	0	4	0
	Serra do Apertado	69.9	95	3	36	4	8	0
Máximo	Varzinha	94	99	25	82	6	13	2
	Pedra Pintada	93	96	18	85	2	9	2
	Pedra da Arara	88	99	41	80	11	14	2
	Serra do Apertado	88	96.2	6	78	5	11	0
N	Varzinha	9	9	9	9	9	9	9
	Pedra Pintada	6	6	6	6	6	6	6
	Pedra da Arara	10	10	10	10	10	10	10
	Serra do Apertado	2	2	2	2	2	2	2

Tabela 3: Estatísticas descritivas dos índices ZTi e ZRi e das proporções das classes morfológicas de zircão obtidas para as unidades estratigráficas do Grupo Guaritas.

Devido à baixa diversidade mineralógica da assembléia de minerais pesados, realizou-se a análise tipológica de grãos de zircão com o objetivo de identificar assinaturas de proveniência mais específicas para as unidades estudadas. Os grãos de zircão (figura 6), abundantes nas amostras estudadas, foram quantificados segundo as cinco categorias texturais previamente definidas: alongado euédrico (AL), curto euédrico (EU), curto arredondado (AR), curto subédrico/ subarredondado (SB) e anédrico anguloso (QB). As categoriais texturais de grãos de zircão foram representadas por proporções, derivadas da contagem de 100 grãos de zircão (com exceção de amostras com número insuficiente de grãos para atingir este valor).

7. DISCUSSÃO

7.1 Rochas fontes primárias dos sedimentos

A abundância de grãos de zircão e apatita, além da presença de monazita e fluorita, sugerem a predominância de rochas ígneas ácidas na área fonte dos sedimentos que compõem o Grupo Guaritas. A presença de granada, sillimanita e cianita seria indicativa de rochas metamórficas aluminosas de grau médio. Grãos arredondados de zircão sugerem ainda o retrabalhamento de rochas sedimentares preexistentes. Grãos de turmalina, rutilo e epídoto podem ser derivados tanto de rochas ígneas ácidas quanto de rochas metamórficas. Para o Grupo Santa Bárbara, a assembléia de minerais pesados também aponta para área fonte composta principalmente por rochas ígneas ácidas (zircão, apatita e titanita). Rochas metamórficas aluminosas de grau médio ocorreriam em menor proporção (estaurolita, sillimanita e granada).

As rochas quantificadas na análise de proveniência de seixos (granito, riolito, milonito, quartzito, filito, xisto, quartzo de veios hidrotermais e arenitos) são compatíveis com as rochas da área fonte inferidas por meio da análise de minerais pesados. Ambos métodos de análise indicaram predominância de rochas ígneas ácidas na área fonte, com ocorrência subordinada de rochas metamórficas aluminosas. Os litotipos predominantes no embasamento adjacente aos limites atuais da bacia do Camaquã são rochas ígneas ácidas e quartzo-milonitos, compatíveis com a proveniência inferida pela análise de seixos e de minerais pesados.

A compatibilidade entre a composição dos sedimentos do Grupo Guaritas e as rochas do embasamento adjacente, evidenciada pela análise de proveniência de seixos e minerais pesados, seria adequada ao modelo de bacia do tipo rifte, cuja área de captação de sedimentos é relativamente restrita.

A maior proporção de minerais pesados e clastos de rochas ígneas ácidas nas unidades da bacia pode ser resultado da maior resistência destas rochas ao transporte sedimentar e intemperismo. No entanto, a grande quantidade de apatita, caracterizada pela baixa resistência à abrasão e à dissolução por fluidos intempéricos ácidos, evidencia que as rochas ígneas ácidas são mesmo abundantes na área fonte. A abundância de grãos de apatita também seria indicativa de condições superficiais áridas, dada sua baixa resistência à dissolução sob condições intempéricas ácidas.

7.2 Comparação entre as unidades do Grupo Guaritas baseada na assembléia de minerais pesados e nos índices ZTi, ZRi e AR

A assembléia de minerais pesados indica redução do número de minerais identificados entre as formações Varzinha (11 tipos), Pedra Pintada (7 tipos), Pedra da Arara (8 tipos) e Serra do Apertado (8 tipos). Essa redução na assembléia de minerais pesados

poderia estar associada ao aumento da maturidade mineralógica das unidades. No entanto, esta tendência é acompanhada pelo desaparecimento de minerais relativamente mais instáveis (epidoto, cianita e fluorita) nas unidades superiores do Grupo Guaritas. Isto sugere, tratar-se de mudança das rochas da área fonte em contraposição à dissolução intraestratal. (ver tabela 3)

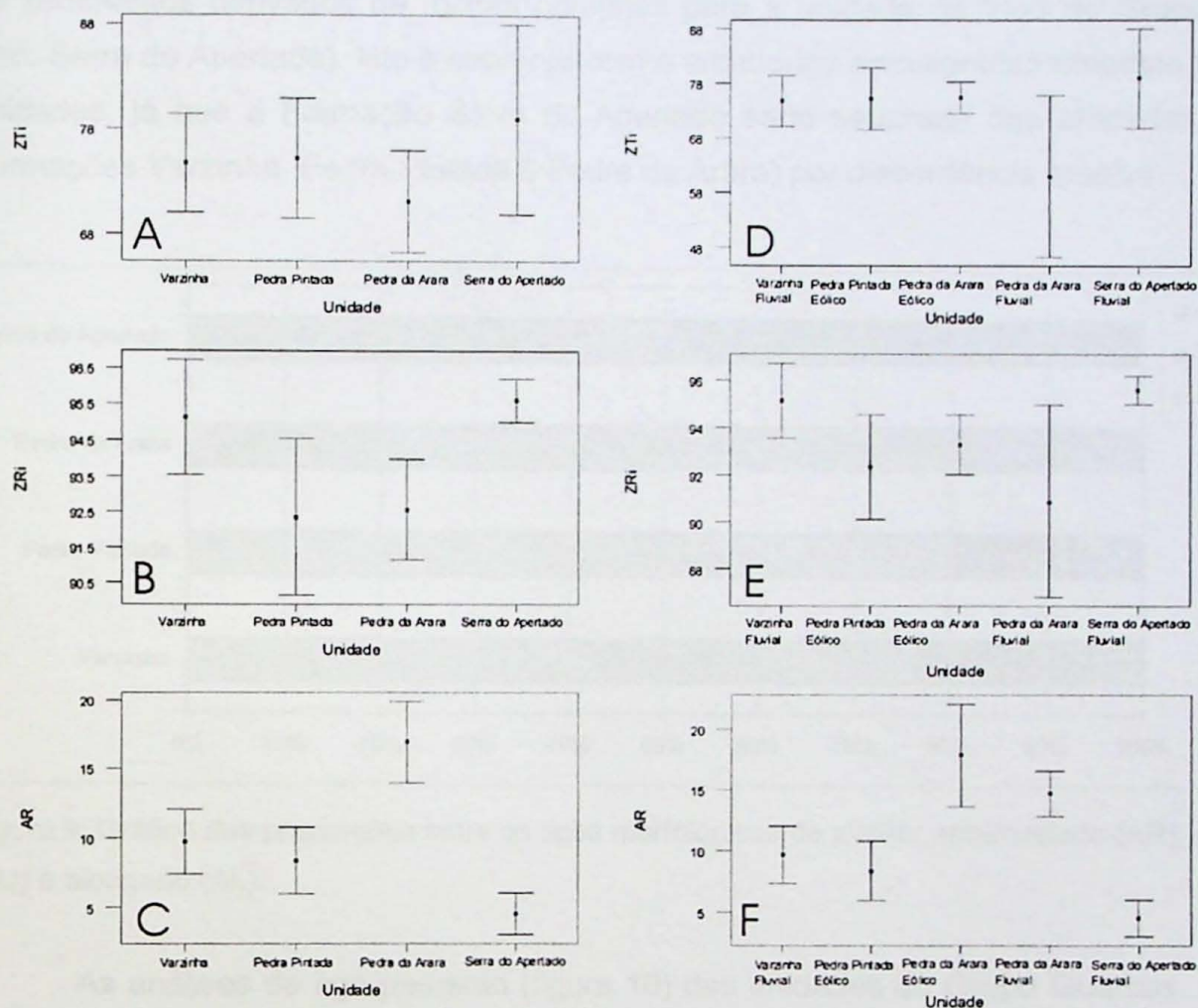


Figura 8: Gráficos para comparação de valores médios, acompanhados de medida de variabilidade (barra de incerteza). A, B e C. ZTi, ZRi e AR para as unidades do Grupo Guaritas; D, E e F. ZTi, ZRi e AR para as fácies sedimentares das unidades estratigráficas do Grupo Guaritas.

Os valores médios do índice ZTi revelam que as unidades do Grupo Guaritas são semelhantes entre si, no que diz respeito ao grau de retrabalhamento de seus sedimentos (figura 8a). No entanto, para a Formação Pedra da Arara, ao separar-se as fácies éolica e fluvial, tem-se que a fácies fluvial possui valor médio menor de ZTi (figura 8d), que indica tratar-se de fácies mais distal ou com maior grau de retrabalhamento que as fácies fluviais presentes nas outras unidades. Isto sugere que a fácies fluvial da Formação Pedra da Arara pertenceria à sistema fluvial axial com bacia de drenagem mais extensa.

As diferenças entre os valores médios do índice ZRi (figuras 8b e 8e) não apresentam significância estatística, o que indica que a assembléia litológica da área fonte primária não mudou significativamente durante toda a deposição do Grupo Guaritas.

O índice AR (figuras 8c, 8f e 9) apresenta incremento da Formação Varzinha para a Formação Pedra da Arara e queda brusca na Formação Serra do Apertado. Este padrão de variação pode indicar, respectivamente, aumento do retrabalhamento na bacia e novo pulso de sedimentos derivados de rochas primárias para a unidade do topo do Grupo Guaritas (Fm. Serra do Apertado). Isto é coerente com o arcabouço estratigráfico proposto para estas unidades, já que a Formação Serra do Apertado seria separada das unidades inferiores (formações Varzinha, Pedra Pintada e Pedra da Arara) por discordância erosiva.

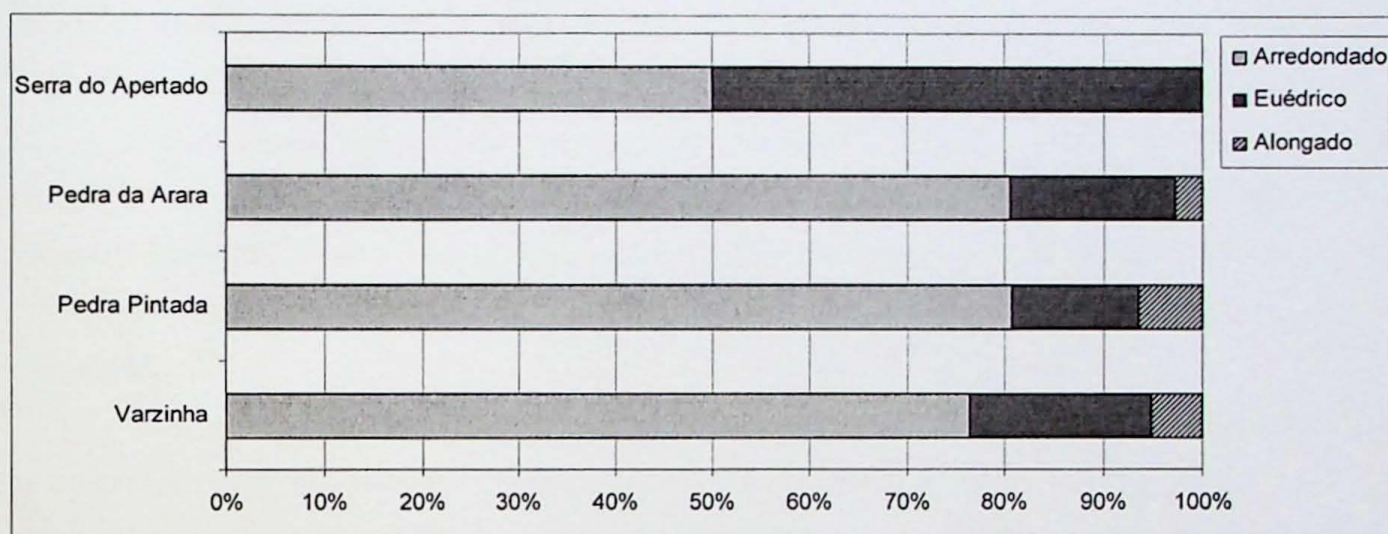


Figura 9: Gráfico das proporções entre os tipos morfológicos de zircão: arredondado (AR), euédrico (EU) e alongado (AL).

As análises de agrupamento (figura 10) das unidades do Grupo Guaritas, baseadas nos valores médios e desvios padrões dos índices ZTi, ZRi e AR, indicam grande similaridade (distância euclidiana ao quadrado) entre as formações Varzinha e Pedra Pintada. Isto está associado à semelhança entre os valores médios dos índices ZTi e AR. A Formação Serra do Apertado apresenta a menor similaridade em relação às demais unidades, que pode ser devido à discordância erosiva que delimita sua base e a separa das formações Varzinha, Pedra Pintada e Pedra da Arara. As fácies fluvial e eólica da Formação Pedra da Arara também apresentam baixa similaridade entre si, o que indicaria independência entre os sistemas deposicionais fluviais e eólicos responsáveis pela deposição destas unidades.

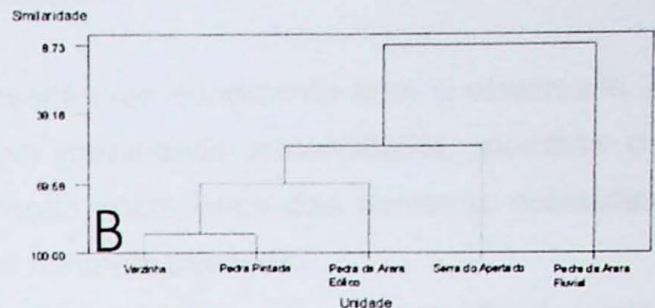
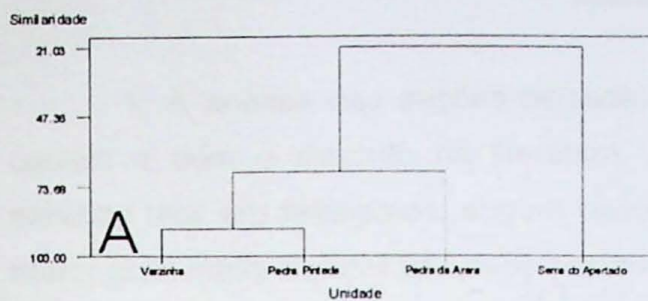


Figura 10: Dendogramas da análise de agrupamento realizada para as unidades (A) e fácies sedimentares (B) do Grupo Guaritas. As variáveis utilizadas na análise foram média e desvio padrão dos índices ZTi, ZRi e AR.

8. CONCLUSÕES

1. A análise das seções delgadas apresentou-se condizente com o observado em campo e com o descrito na literatura. A baixa maturidade mineralógica, atestada pelo elevado teor em feldspatos, sugere baixa alteração intempérica das amostras coletadas e maior grau maior de confiabilidade nos dados de minerais pesados.

2. A composição do arcabouço dos arenitos analisados por petrografia de seções delgadas indica ambiente tectônico de bloco continental soerguido a transicional, segundo o diagrama de Dickinson (1985). A elevada quantidade de feldspatos sugere ainda deposição sob clima seco e/ou distância de transporte reduzida para os sedimentos do Grupo Guaritas.

3. Arenitos do Grupo Santa Bárbara apresentam cimentação silicosa e carbonática, enquanto que nos arenitos do Grupo Guaritas só foi observado a cimentação carbonática. Esta diferença de aspectos diagenéticos pode ter significado estratigráfico-cronológico.

4. A assembléia de minerais pesados indica área fonte composta predominantemente por rochas ígneas ácidas e ocorrência subordinada de rochas metamórficas. Isto é compatível com a assembléia de rochas que compõe o embasamento adjacente aos limites atuais da bacia do Camaquã (granitos, riolitos, migmatitos e quartzo milonitos).

5. A semelhança da assembléia de minerais pesados e do índice ZRi sugere área fonte primária comum para as unidades do Grupo Guaritas.

6. A análise da proveniência de seixos comprova o caráter respectivamente proximal e distal das formações Pedra das Torrinhas e Varzinha, evidenciado por uma maior presença de quartzo de veio na última em relação à proporção de rochas mais facilmente desagregáveis.

7. A análise de proveniência de seixos comparada à análise de minerais pesados, referente ao ponto P01, indica contribuição de seixos do entorno da bacia e contribuição de grãos de rochas metamórficas de grau médio, provavelmente mais distais. Isto evidenciaria o caráter complementar destas duas técnicas de análise de proveniência.

8. O índice ZRi e a proveniência de seixos evidenciam que houve mudança na área fonte na época da deposição da Formação Serra do Apertado. Isto também é indicado pela maior proporção de grãos de zircão euédricos, que aponta maior contribuição de sedimentos derivados de rochas fontes primárias.

9. Dentre as unidades do Grupo Guaritas, a análise de proveniência baseada nos índices ZTi, ZRi e AR indica maior semelhança entre as formações Varzinha e Pedra Pintada. Isto favorece a hipótese de maior interação e contemporaneidade entre os sistemas deposicionais fluvial e eólico atuantes na sedimentação destas duas unidades.

9. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALMEIDA, R. P. de 2005. Tectônica e Sedimentação do Ediacariano ao Ordoviciano: Exemplos do Supergrupo Camaquã (RS) e do Grupo Caacupé (Paraguai Oriental). (Tese de Doutorado) - Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo.
- BECKER, R. & FERNANDES, L.A.D. 1982. Caracterização faciológica de uma sequência vulcano-sedimentar eo-paleozóica na Folha Passo do Tigre (RS). *Acta Geologica Leopoldensia*, 6(13):287-322.
- BROOKFIELD, M.E. 1992. Eolian systems. In R. G. Walker and N. P. James (eds.) *Facies models: response to sea-level change*. Geological Association of Canada, Geotext 1. p. 143-156.
- COLLINSON, J.D. 1996. Alluvial Sediments. In H. G. Reading (ed.) *Sedimentary environments, processes, facies and stratigraphy*. 2 ed. Oxford. Blackwell Science. p. 37-82.
- DE ROS, L.F.; MORAD, S.; PAIM, P.S.G. 1994. The role of detrital composition and climate on the diagenetic evolution of continental molasses: evidence from the Cambro-Ordovician Guaritas sequence, southern Brazil. *Sedimentary Geology*, 92(3-4):197-228.
- DICKINSON, W.R. 1985. Interpreting provenance relation from detrital modes of sandstones. In: ZUFFA, G.G. ed. *Provenance of arenites*. Boston, D. Reidel Publishing Company. p. 333-361.
- FACCINI, U.F.; PAIM, P.S.G.; FRAGOSO-CESAR, A.R.S. 1987. Análise faciológica das molassas brasileiras na região das Minas do Camaquã, Eo-paleozóico do RS. In: SBG, Simpósio Sul-Brasileiro de Geologia, 3., Curitiba, Atas, 1:75-91.
- FOLK, R.L. 1968. *Petrology of sedimentary rocks*. Austin, Hemphill Publ. Co. 170p.
- FRAGOSO-CESAR, A.R.S. 1980. O Cráton Rio de La Plata e o Cinturão Dom Feliciano no Escudo Uruguaio-Sul-Riograndense. In: SBG, Congresso Brasileiro de Geologia, 31, Camboriú, Anais, 5: 2879 - 2892.
- FRAGOSO-CESAR, A.R.S. 1991. Tectônica de Placas no Ciclo Brasileiro: as Orogenias dos Cinturões Dom Feliciano e Ribeira no Rio Grande do Sul. Tese de Doutorado, IGc-USP, São Paulo, SP, 366p.
- FRAGOSO-CESAR, A.R.S.; LAVINA, E.L.; PAIM, P.S.G.; FACCINI, U.F. 1984. A Antefossa Molássica do Cinturão Dom Feliciano no Escudo do Rio Grande do Sul. In: Congresso Brasileiro de Geologia, 33, Rio de Janeiro, Anais... Rio de Janeiro, SBG. v.7, p.3272-3283.
- FRAGOSO-CESAR, A.R.S.; FACCINI, U.F.; PAIM, P.S.G.; LAVINA, E.L.; ALTAMIRANO, J.A.F. 1985. Revisão na estratigrafia das molassas do Ciclo Brasileiro no Rio Grande do Sul. In: II Simpósio Sul-Brasileiro de Geologia, Florianópolis, Anais... Florianópolis,

SBG, p. 477-491.

- FRAGOSO-CESAR, A.R.S.; SILVA FILHO, W.F.; FAMBRINI, G.L.; MACHADO, R.; RICCOMINI, C.; ALMEIDA, R.P.; PELOSI, A.P.M.R.; JANIQUIAN, L. 1999. Significado tectônico do magmatismo Rodeio Velho no rift Guaritas (Eopaleozóico do Rio Grande do Sul, Brasil). In: Simpósio sobre vulcanismo e ambientes associados, *Boletim de resumos*, p.16.
- HUBERT, J.F. 1962. A zircon-tourmaline-rutile maturity index and the independence of the composition of heavy mineral assemblages with the gross composition and texture of sandstones. *J. Sediment. Petrol.*, **32**(3):440-450.
- HUNTER, R.E. 1977. Basic types of stratification in small eolian dunes. *Sedimentology* **24**: 361-387.
- HUNTER, R.E. 1981. Stratification styles in eolian sandstones: some Pennsylvanian to Jurassic examples from western interior U.S.A. In: F.G. Ethridge & R.M. Flores (eds), *Recent and Ancient Nonmarine Depositional Environments: Models for Exploration. SEMP Special Publication* **31**: 315-329.
- KOCUREK, G. 1996. Desert aeolian systems. In H. G. Reading (ed.) *Sedimentary environments, processes, facies and stratigraphy*. 2 ed. Oxford. Blackwell Science. p. 125-153.
- LANGFORD, R.P. 1989. Modern and ancient fluvial-eolian interactions: Part 1, Modern Systems. *Sedimentology*, **36**: 1023-1035.
- LANGFORD, R.P.; & CHAN, M.A. 1989. Modern and ancient fluvial-eolian interactions: Part 2, Ancient Systems. *Sedimentology*, **36**: 1038-1051.
- LAVINA, E.L.; FACCINI, U.F.; PAIM, P.S.G.; FRAGOSO-CESAR, A.R.S. 1985. Ambientes de sedimentação da Bacia do Camaquã, Eo-paleozóico do Rio Grande do Sul. *Acta Geologica Leopoldensia*, **21**(9): 185-227.
- MANLY, B.F.J. 1994. *Multivariate Statistical Methods: a primer*. Chapman, London, 215p.
- MIALL, A.D. 1996. *The Geology of Fluvial Deposits: Sedimentary Facies, Basin Analysis and Petroleum Geology*. Springer. Berlin. 852p.
- MIALL, A.D. 2000. *Principles of sedimentary basin analysis*. 3rd ed., New York, Springer-Verlag, 616 p.
- MORTON, A.C.; HALLSWORTH, C.R. 1994. Identifying provenance-specific features of detrital heavy mineral assemblages in sandstones. *Sedimentary Geology*, **90**: 241-256.
- MORTON, A.C.; HALLSWORTH, C.R. 1999. Processes controlling the composition of heavy mineral assemblages in sandstones. *Sedimentary Geology*, **124**: 3-29.
- NASCIMENTO, M.S. & GÓES, A.M. 2005. Distribuição estratigráfica e proveniência de minerais pesados das formações Ipixuna e Barreiras, região do rio Capim, sul da sub-bacia de Cametá. *Revista Brasileira de Geociências*, **35**(1): 49-58.
- PAIM, P.S.G. 1994. *Depositional Systems and Paleogeographical Evolution of the Camaquã*

and Santa Bárbara Basins, Brazil. Phil. Doctor Thesis, Oxford. v.I, 277 p.

- PAIM, P.S.G. 1996. O sistema desértico úmido Pedra Pintada (cambro-ordoviciano do RS). *In: Congresso Brasileiro de Geologia*, 39,. Salvador, 1996. *Anais...* Salvador, SBG. *Boletim de Resumos Expandidos* 2: 207-209.
- PAIM, P.S.G. & SCHERER, C.M.S. 2003. Arquitetura Estratigráfica de sucessões flúvio-eólicas: o exemplo do Alogrupo Guaritas na região da Pedra Pintada, Rio Grande do Sul, Brasil. *In: P.S.G. Paim, U.F. Faccini, R.G. Netto (eds). Geometria, arquitetura e heterogeneidades de corpos sedimentares – Estudos de casos*. Unisinos. p. 38-58.
- PAIM, P.S.G.; LOPES, R.C.; CHEMALE JR., F. 1995. Aloestratigrafia, sistemas deposicionais e evolução paleogeográfica da Bacia do Camaquã -Vendiano Superior/Ordoviciano Inferior do RS. *In: VI Simpósio Sul-Brasileiro de Geologia / I Encontro Geologia do Cone Sul*, Porto Alegre, SBG/Núcleo RS. *Boletim de Resumos Expandidos*, p. 39-50.
- PAIM, P.S.G.; CHEMALE JR, F.; LOPES, R.C. 2000. A Bacia Camaquã. *In: M. Holtz & L.F. De Ross (eds) Geologia do Rio Grande do Sul*. Universidade Federal do Rio Grande do Sul. p.232-274.
- PARFERNOFF, A.; POMEROL, C.; TOURENQ, J. 1970. Les Minéraux en Grains: Methods d'etude et determination. Paris, Masson. 571p.
- PETTIJOHN, F.J. 1975. Provenance. *In: Sedimentary Rocks*. 3ed. New York, Harper & Row, Publ. p.483-505.
- RIBEIRO, M.; BOCCHI, P. R.; FIGUEIREDO FILHO, P. M.; TESSARI, R. I. 1966. *Geologia da quadricula de Caçapava do Sul, Rio Grande do Sul*. Rio de Janeiro, DNPM/DFPM, 232 p. (Boletim 127).
- ROBERTSON, J. F. 1966. Revision of Stratigraphy and nomenclature of rock units in Caçapava-Lavras Region. *Notas e Estudos*, IG-UFRGS, Porto Alegre, 1(2): 41-54.
- SAWAKUCHI, A.O. 2000. Dinâmica e Contexto Paleogeográfico do Sistema Depositional Eólico Pirambóia no Estado de São Paulo. (Monografia de Trabalho de Formatura) Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo.
- STANISTREET, I.G. & STOLLHOFEN, H. 2002. Hoanib River flood deposits of Namib Desert interdunes as analogues for thin permeability barrier mudstone layers in aeolianite reservoirs. *Sedimentology*, 49: 719- 736.
- WELTJE, G.J. & von EYNATTEN, H. 2004. *Quantitative provenance analysis of sediments: review and outlook*. *Sedimentary Geology* 171: 1-11.

ANEXOS

	Varzinha		Pedra das Torrinhas				Serra do Apertado			
	P01		P50	P47A	P46	P51	P48	P47B	P49	
Arenito Fino	3	0	0	0	0	0	0	0	0	
Filito	1	0	0	0	2	0	0	0	0	
Granito	16	3	3	19	17	22	27	16	74	
Granito milonítico	15	3	3	44	28	39	27	11	6	
Quartzo de veio	25	14	14	26	5	0	1	1	4	
Quartzo milonito	23	36	36	28	17	42	10	0	0	
Riolito	22	60	60	5	15	0	35	33	26	
Xisto	0	0	0	29	17	18	0	0	0	
Total	105	116	151	101	121	100	61	110		

Anexo I: Resultados da quantificação da assembléia de seixos para as unidades do Grupo Guaritas.

Assembléia de minerais pesados																
UNIDADE	AMOSTRAS	ZIR	TUR	RUT	APA	ANA	GRA	SIL	MON	EPI	GLA	EST	TIT	CIA	FLU	
Santa Bárbara	P36 - SBF	56	9	3	1	14	7	4			2	3	1			
	P35 - GVF	38	10	3	44	1	2	1	1							
Guarda Velha	P01 - VF	49	24	1		22		2	2							
	P03 - VF	63	20	6		11										
Varzinha	P04 - VF (B)	24	3	1	38	4	29							1		
	P05 - VF	31	5		48	11	5									
	P06 - VF	54	19	4		8									1	
	P30 - VF	52	5	3	34		4		2							
	P32 - VF	48	8	4	25	3	5	1	4	2						
	P37 - VF	13	7		54	6	20									
	P39 - VF	27	20	4	47	1			1							
	P08 - PPD	63	9	4		5										
	P08 - PPI	22	13	4		2										
	P10 - PPD	16	11		64	6	2		1							
Pedra Pintada	P12 - PPI	82	4	3	10			1								
	P14 - PPD	28	3	3	63	1	1	1								
	P15 - PPD	63	23	2		12										
	P18 - PAD	62	31	4	1			1	1							
	P19 - PAD	43	8	2	39	8										
	P20 - PAF	71	16	2	2	7	1		1							
	P22 - PAF	22	19	5	36	8	10									
Pedra da Arara	P23 - CDF	17	16	2	52	7	5	1								
	P25 - CDD	40	41	7		5	7									
	P29 - PAF	58	13	1	22	2	1	2	1							
	P40 - PAD	70	10	4		15			1							
	P42 - PAD	38	6	1	52	2	1									
	P43 - PAD	72	13	3		12										
	P25 - CDF	78	15	2		4		1								
Serra do Apertado	P27 - SAF	51	22	2	1	11	1	5	1							

Anexo II: Resultados da quantificação da assembléia de minerais pesados para os grupos Santa Bárbara e Guaritas. As amostras hachuradas não foram submetidas ao ataque ácido.

UNIDADE	AMOSTRAS	TZi			RZi			MORFOLOGIA DE ZIRCÃO				
		ZIR	TUR	%	ZIR	TUR	%	AR	SU	EU	QB	AL
Santa Bárbara	P36 - SBF	61	10	85,9	61	4	93,8	20	18	4	19	0
	P35 - GVF	81	19	81,0	96	4	96,0	19	44	13	24	0
	P01 - VF	70	30	70,0	81	3	96,4	5	49	2	13	2
	P03 - VF	71	29	71,0	82	7	92,1	4	62	3	9	0
	P04 - VF (B)	83	17	83,0	99	1	99,0	9	81	3	7	0
	P05 - VF	85	15	85,0	99	1	99,0	5	78	2	13	2
	P06 - VF	73	37	66,4	96	4	96,0	5	82	2	11	0
	P30 - VF	94	6	94,0	98	2	98,0	15	68	6	9	2
	P32 - VF	86	14	86,0	94	6	94,0	13	75	1	11	0
	P37 - VF	47	53	47,0	84	2	97,7	6	22	0	6	0
Pedra Pintada	P39 - VF	70	30	70,0	84	16	84,0	25	60	2	13	0
	P08 - PPD	63	9	87,5	63	4	94,0	7	85	1	5	2
	P08 - PPI	19	10	65,5	19	4	82,6	1	14	2	2	0
	P10 - PPD	34	27	55,7	34	4	89,5	4	23	1	6	0
	P12 - PPI	93	7	93,0	96	4	96,0	10	80	1	9	0
	P14 - PPD	78	22	78,0	96	4	96,0	18	71	2	9	0
	P15 - PPD	85	34	71,4	96	4	96,0	10	79	1	8	2
	P18 - PAD	77	23	77,0	93	7	93,0	9	78	1	4	0
	P19 - PAD	76	24	76,0	91	9	91,0	12	77	1	9	1
	P20 - PAF	78	22	78,0	95	5	95,0	7	80	3	8	2
Pedra da Arara	P22 - PAF	37	63	37,0	78	11	87,6	16	72	0	12	0
	P23 - CDF	58	42	58,0	86	14	86,0	17	73	1	9	0
	P25 - CDD	59	41	59,0	87	13	87,0	41	37	10	12	0
	P29 - PAF	88	12	88,0	99	1	99,0	11	71	4	14	0
	P40 - PAD	80	20	80,0	96	4	96,0	18	72	3	6	1
	P42 - PAD	83	17	83,0	95	5	95,0	20	54	11	14	1
	P43 - PAD	75	25	75,0	96	4	96,0	18	66	1	14	1
	P25 - CDF	88	12	88,0	95	5	95,0	6	78	5	11	0
	P27 - SAF	51	22	69,9	51	2	96,2	3	36	4	8	0

Anexo III: Dados dos índices ZTi, RZi e morfologia de grãos de zircão

DOAÇÃO
<i>IGC-USP</i>
Data: <i>02/05/08</i>