

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS

DEDALUS - Acervo - IGC



30900025670

**TECTÔNICA E SEDIMENTAÇÃO DO EDIACARANO
AO ORDOVICIANO: EXEMPLOS DO SUPERGRUPO
CAMAQUÃ (RS) E DO GRUPO CAACUPÉ
(PARAGUAI ORIENTAL)**

Renato Paes de Almeida



Orientador: Prof. Dr. Antonio Romalino Santos Fragoso Cesar

TESE DE DOUTORAMENTO

Programa de Pós-Graduação em Geologia Sedimentar

SÃO PAULO
2005

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS

**TECTÔNICA E SEDIMENTAÇÃO DO EDIACARANO AO
ORDOVICIANO: EXEMPLOS DO SUPERGRUPO CAMAQUÃ (RS) E
DO GRUPO CAACUPÉ (PARAGUAI ORIENTAL)**

RENATO PAES DE ALMEIDA

Orientador: Prof. Dr. Antonio Romalino Santos Fragoso Cesar

TESE DE DOUTORAMENTO



COMISSÃO JULGADORA

	Nome	Assinatura
Presidente:	Prof. Dr. Antonio Romalino S. Fragoso Cesar	
Examinadores:	Prof. Dr. Alexandre Uhlein	
	Prof. Dr. Claudio Riccomini	
	Dr. Edison José Milani	
	Prof. Dr. Mario Luis Assine	

SÃO PAULO
2005

RESUMO

E evolução geológica do sudeste da América do Sul do Ediacarano ao Ordoviciano é marcada pelo desenvolvimento de bacias sedimentares que registram os eventos geológicos do chamado Estádio de Transição entre o metamorfismo e intensa deformação da Orogenia Brasileira e a relativa estabilidade tectônica da sedimentação meso e neopaleozóica das sinéclises cratônicas.

A presente tese aborda o registro de eventos tectônicos preservado nas sucessões sedimentares do Estádio de Transição, com o objetivo de testar e complementar os modelos geológicos, abundantes na bibliografia, derivados do estudo de rochas plutônicas e metamórficas neoproterozóicas do sudeste da América do Sul. Os estudos apresentados têm como objetos o Supergrupo Camaquã (Ediacarano a Eocambriano, porção centro sul do estado do Rio Grande do Sul) e o Grupo Caacupé (Neo-ordoviciano, Paraguai Oriental), tomados como exemplo do registro sedimentar do intervalo entre o Ediacarano e o Neo-Ordoviciano.

O reconhecimento dos eventos tectônicos relacionados à formação e deformação dessas bacias e a caracterização dos padrões de resposta sedimentar a esses eventos basearam-se em diversas abordagens e técnicas, principalmente levantamentos estratigráficos de detalhe, análise de fácies sedimentares e elementos arquiteturais, mapeamento geológico, análise de paleocorrentes, análise de proveniência macro e microscópica, análises geocronológicas, análise de estruturas tectônicas rúpteis e reconstituição de paleocampos de tensão.

O Grupo Santa Bárbara (Neo-Ediacarano, Supergrupo Camaquã) apresenta, em sua área-tipo, ciclos de variação granulométrica de dezenas a centenas de metros de espessura, decorrentes de variações na proporção de depósitos de planícies de inundação distais e depósitos de correntes trativas em sistemas fluviais efêmeros. O reconhecimento da influência do soerguimento de um alto do embasamento durante a deposição da unidade, separando duas sub-bacias, baseou-se em trabalhos de mapeamento geológico e foi documentado por análises de proveniência macro e microscópica e análise de paleocorrentes. A identificação do nível estratigráfico relacionado ao início da contribuição detrítica do Alto de Caçapava do Sul na sedimentação do Grupo Santa Bárbara permitiu a comparação com as variações verticais de fácies e sistemas deposicionais documentadas em seções estratigráficas de detalhe. Constatou-se, desta forma, que o evento de reativação da falha, de caráter predominantemente normal, relacionada ao soerguimento do alto não coincide com um aumento imediato na taxa de geração de espaço de acomodação, como previsto pelos modelos vigentes, e sim com um aumento de granulação dentro de uma sucessão de depósitos de rios efêmeros arenosos. Essa constatação revela que características particulares de um evento tectônico, no caso o soerguimento de um

alto interno à bacia, podem modificar o padrão de resposta sedimentar, com a possibilidade de variações das taxas de subsidência e aporte sedimentar em diferentes áreas da bacia em diferentes tempos.

Levantamentos estratigráficos acompanhados por interpretações dos sistemas deposicionais e considerações sobre os controles tectônicos e climáticos nos padrões de variação vertical foram realizados na unidade superior do Supergrupo Camaquã, designada Grupo Guaritas, aqui datado no Eocambriano ($535,2 \pm 1,1$ Ma, Ar-Ar *step heating* em subvulcânica rasa que afeta a unidade, rocha total), levando a uma revisão da coluna estratigráfica da unidade e a modelos de resposta sedimentar a eventos de reativação de altos adjacentes à bacia, sobrepostos por oscilações climáticas. A unidade é dominada por sistemas fluviais efêmeros, com ciclos de variação na proporção entre depósitos de planícies distais e depósitos areno-conglomeráticos de correntes trativas que ocorrem em várias escalas, contando ainda com a presença de expressivos depósitos eólicos. A distinção entre ciclos de origem autogênica e alogênica baseou-se em estudos de elementos arquiteturais, perfil de eletrorresistividade de alta resolução, correlações entre seções colunares de detalhe e reconhecimento de superfícies estratigráficas com significado cronológico, identificando-se como autogênicos os ciclos relacionados à migração lateral de sistemas deposicionais e como alogênicos aqueles correlacionáveis em escala bacinal e vinculados a superfícies estratigráficas maiores. É proposto um modelo tectônico para a ciclicidade alogênica dos depósitos fluviais, relacionado a variações nas taxas de subsidência em função de eventos de reativação das falhas de borda. Já a alociclicidade relacionada a intercalações entre depósitos fluviais e eólicos é interpretada como decorrente de oscilações climáticas.

Uma origem decorrente de esforços tectônicos distensionais para a Bacia do Camaquã é documentada por análises de proveniência de depósitos proximais do Grupo Santa Bárbara (Neo-Ediacarano) em sua área-tipo, que revelam a ausência de deslocamento lateral expressivo na falha de alto ângulo que delimitou a borda ativa da bacia, considerada como transcorrente em trabalhos anteriores. Essa caracterização é confirmada por análises de paleocampos de tensão realizadas separadamente em cada intervalo estratigráfico do Supergrupo Camaquã e unidades posteriores, que revelam eventos distensionais de direção NE-SW e SW-NE durante a formação da bacia e eventos causadores de transcorrência apenas durante a deformação das sucessões. Como tais eventos distensionais precedem as deformações transcorrentes, reconhecidas também no embasamento e granitos de áreas adjacentes à bacia, o suposto vínculo entre a movimentação de zonas de cisalhamento e a origem da bacia, em contextos pós-orogênicos, é descartada. Propõe-se que a origem da Bacia do Camaquã está relacionada a um grande sistema de bacias distensionais posteriores ao metamorfismo da Orogenia Brasileira e sem relação direta com os

processos orogênicos.

A hipótese vigente de que o Grupo Caacupé (Neo-Ordoviciano, Paraguai Oriental) teria sido formado em uma bacia distensional ou transtrativa motivou uma análise comparativa com os depósitos do Supergrupo Camaquã. Análises de fácies, sistemas deposicionais, paleocorrentes, proveniência macroscópica e icnofósseis realizadas no Grupo Caacupé (Neo-Ordoviciano, Paraguai Oriental) caracterizam sistemas deposicionais fluviais conglomeráticos distais sobrepostos por sistemas costeiros dominados por marés. Não foram reconhecidas, nos depósitos aluviais, características que possam levar a uma interpretação de sistema de leques aluviais, não havendo evidências de campo que suportem a suposição de escarpas tectônicas proximais limitando a bacia. Sugere-se que a unidade depositou-se em uma bacia ampla, com conexão marinha a oeste, representativa da primeira fase sinéclise da Bacia do Paraná.

Desta forma, propõe-se que o intervalo entre o Eocambriano e Neo-Ordoviciano marque o fim dos processos distensionais registrados nas bacias da Província Mantiqueira e o início dos ciclos de subsidência do tipo sinéclise, sendo o primeiro aflorante na borda oeste da bacia. Assim, os processos do Estádio de Transição, considerados como cambro-ordovicianos na proposta original (Almeida 1969), não ultrapassam o Mesocambriano, e o controle da margem proto-andina nos ciclos de subsidência de grandes áreas no paleozóico inicia-se já no Neo-Ordoviciano.

A possibilidade de relação entre a distensão formadora do Grupo Guaritas e a origem da Bacia do Paraná é improvável devido à idade eocambriana desse grupo e à ausência de depósitos da Bacia do Paraná anteriores ao Permiano sobre a unidade, no Rio Grande do Sul, implicando em um adiamento de cerca de 240 milhões de anos da fase de subsidência tectônica em relação à de subsidência tectônica.

ABSTRACT

The geological evolution of southeastern South America from Ediacaran to Ordovician is characterized by the development of sedimentary basins that register the geological events of the so called Transitional Stage between the metamorphism and intense deformation of the Brasiliano Orogeny and the tectonic stability of the Middle to Late Paleozoic cratonic basins.

The present thesis focus on the sedimentary record of the tectonic events of the Transitional Stage, aiming to test and develop the geological models based on the study of the neoproterozoic metamorphic and plutonic rocks of the same region. The objects of the present study are the Camaquã Supergroup (Ediacaran to Early Cambrian, south-central region of Rio Grande do Sul State, Southern Brazil) and the Caacupé Group (Late Ordovician, Eastern Paraguay), considered as examples of the sedimentary record of eastern South America from Ediacaran to Late Ordovician.

Several methods and approaches were used in the recognition of the tectonic events responsible for the origin and posterior deformation of these basins, and in the characterization of the patterns of sedimentary response to tectonic activity. These included measurement of detailed stratigraphic sections, facies and architectural elements analyses, geological mapping, paleocurrent analysis, macroscopic and microscopic provenance analyses, geochronological analysis, analysis of brittle tectonic structures and reconstitution of paleostress fields.

The Santa Bárbara Group (Late Ediacaran, Camaquã Supergroup) shows tens to hundreds of meters thick cycles of grain-size variation due to varied preservation of distal floodplain and stream-dominated deposits of ephemeral river systems. The uplift of a basement highland during the deposition of the unit came to separate two isolated sub-basins, as first suggested by geological mapping of depositional systems and later characterized through provenance and paleocurrent analysis. The recognition of the stratigraphic level that records the first detrital contribution of the uplifted highland enabled the interpretation of the vertical facies changes recorded in the stratigraphic sections in terms of tectonic controls. It was observed that there is no correlation of the tectonic reactivation responsible for the uplift of the internal highland with an event of increased depositional space, as predicted by many theoretical models, but instead with grain-size coarsening of a sandy ephemeral stream succession. This result reveals that particularities in the history of reactivation, in this case the uplift of a highland internal to the basin, may imply in a diverse stratigraphic response than the predicted flooding surface, maybe due to different subsidence and sedimentation rates in different basin areas.

Stratigraphic analysis of the Guaritas Group (here dated in $535,2 \pm 1,1$ Ma, whole-rock

Ar-Ar *step heating* method in a sample of shallow sub-volcanic rock that cuts through the unit) were undertaken aiming the reconstitution of depositional environments and the recognition of the tectonic and climatic controls on the sedimentation. The results include the revision of the stratigraphic column of the group and the development of models of sedimentary response to tectonic reactivation events and uplift of basin-margin highlands, superposed to climatic change. The Guaritas Group is composed of fluvial stream ephemeral deposits showing cycles of grain-size variation caused by lateral migration of distal flood-plain dominated deposits and sandy to pebbly proximal stream deposits, also including thick successions of aeolian deposits. A distinction between allogenic and autogenic cycles was based on architectural element analysis, high-resolution electro-resistivity pseudo-section, correlation among detailed stratigraphic sections and recognition of major bounding stratigraphic surfaces. Thus, cycles related to lateral migration of depositional systems were identified as autogenic and those related to basin-scale bounding surfaces were considered as allogenic. A model of tectonic control (through subsidence rates) on the generation of alluvial allogenic cycles is proposed. The aeolian-alluvial allogenic cycles are interpreted as climatically controlled.

An extensional origin for the Camaquã Basin is interpreted from provenance analysis of the Santa Bárbara Group, which reveals the absence of lateral migration of alluvial fans with respect to their sources. Paleostress reconstitution of brittle tectonic structures of each stratigraphic unit of the Camaquã Basin and younger deposits of the region confirm this hypothesis, with extensional NE-SW and SW-NE paleostress fields being recognized as sin-depositional for the Camaquã Basin. As the strike-slip deformational events are related only to basin deformation, the supposed link between activation of basement shear zones and the origin of the Camaquã Basin, in a post-orogenic context, is refuted. The proposed model considers a great system of extensional basins formed after the Brasiliano Orogeny, with no direct relation to the previous orogenic processes.

The hypothesis of a extensional or transtensional origin for the Caacupé Group (Late Ordovician, Eastern Paraguay) lead to a comparison of this unit with the deposits of the Camaquã Supergroup. Facies, depositional systems, paleocurrent and ichnofossil analyses of the Caacupé Group characterize a pebbly distal braided fluvial depositional system overlain by tide-dominated coastal systems. No diagnostic feature of alluvial fans were recognized and there is no support for the hypothesis of proximal border faults. It is suggested that the Caacupé Group was deposited in a wide basin with a marine connection to the west, recording the first intra-cratonic sag phase of the Paraná Basin.

Thus, it is proposed that the period between Early Cambrian and Late Ordovician marks the end of the extensional processes recorded in the basins of southeastern South America and

the onset of the intra-cratonic sag depositional cycles. So, the tectonic and depositional processes of the Transitional Stage, considered as of Cambrian to Ordovician age in the original definition (Almeida 1969), do not reach Late Cambrian, and the control of the proto-andean continental margin on the paleozoic intra-cratonic subsidence cycles of South America begins in Late Ordovician.

The hypothesis of relationship between the basin-forming extension recorded in the Guaritas Group and the origin of the Paraná Basin is refuted due to the absence of post-rift deposits above the rift prior to the Permian, implying in a 240 million year gap between the tectonic subsidence and the supposed thermal subsidence phase.

Agradecimentos

A realização do presente trabalho contou com o apoio, a participação e a contribuição direta de várias pessoas e entidades, às quais sou imensamente grato. Gostaria de expressar meus sinceros agradecimentos nomeando as principais.

À minha esposa Liliane Janikian pela colaboração em trabalhos de campo e discussões posteriores, e por todos os momentos de companheirismo.

A meus pais pelo incentivo e apoio, imprescindíveis à realização do trabalho.

Ao Prof. Dr. Antonio Romalino Santos Fragoso Cesar pela intensa participação, dedicada orientação e amizade.

Aos geólogos e amigos que participaram da aquisição e interpretação dos dados: Prof. Dr. Gelson Luis Fambrini, Ana Paula Justo, Prof. Dr. Claudio Riccomini, Rafael Fernandes Bueno, Bruno Boito Turra, Prof. Dr. José Domingos Faraco Gallas, Prof. Dr. Victor Velázquez Fernandes, Prof. Dr. Afonso Cesar Nogueira, Prof. André Oliveira Sawakushi e Marina Pacheco de Siqueira Brito.

Aos amigos geólogos ou estudantes que participaram de trabalhos de campo: André Stern, Arthur Jarbas Cardoso da Silva, Carolina Rodrigues de Araújo Corrêa, Ana Paula de Meireles Reis Pelosi, Chahrazéd Layaun Morengui e Marcelo Januário de Souza.

À Universidade do Vale do Rio dos Sinos (UNISSINOS), que permitiu a utilização de suas excelentes instalações no Núcleo de Pesquisas Geológicas de Caçapava do Sul, e em especial a Zenaide e Zirelma pela hospitalidade e por seus dotes culinários.

Ao núcleo Porto Alegre da Companhia Brasileira de Recursos Minerais (CPRM), pelo acesso às fotografias aéreas e a referências bibliográficas.

Ao Laboratório de Petrografia Sedimentar (processo FAPESP 97/10669-0) do Instituto de Geociências da Universidade de São Paulo.

E finalmente à Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP), pelo apoio financeiro através de concessão de bolsa (processo 00/11089-2) e de projeto de pesquisa ao qual o presente trabalho esteve vinculado (processo 00/07510-4).

ÍNDICE

I. CONSIDERAÇÕES INICIAIS	1
I.1. Objetivos	5
I.2. Métodos	6
I.2.1. <i>Análise de fácies sedimentares</i>	7
I.2.2. <i>Análise de elementos arquiteturais</i>	7
I.2.3. <i>Análise de paleocorrentes</i>	8
I.2.4. <i>Análise de proveniência</i>	9
I.2.5. <i>Análise de paleocampos de tensão</i>	10
I.2.6. <i>Análise geocronológica</i>	10
II. A INFLUÊNCIA DO SOERGUIMENTO DO ALTO DE CACAPAVA DO SUL NA EVOLUÇÃO ESTRATIGRÁFICA DO GRUPO SANTA BÁRBARA (EDIACARANO, RS) EM SUA ÁREA-TIPO	12
II.1. Introdução	12
II.2. Trabalhos anteriores	13
II.3. Métodos	14
II.4. Contexto geológico	15
II.4.1. <i>Contexto geológico local</i>	18
II.5. Litoestratigrafia do Grupo Santa Bárbara	19
II.5.1. <i>Formação Estância Santa Fé</i>	19
II.5.2. <i>Formação Seival</i>	20
II.5.3. <i>Formação Serra dos Lanceiros</i>	20
II.5.4. <i>Formação Arroio Umbu</i>	21
II.5.5. <i>Formação Pedra do Segredo</i>	21
II.6. Fácies sedimentares, elementos arquiteturais e sistemas deposicionais	22
II.6.1. <i>Fácies sedimentares</i>	22
II.6.2. <i>Elementos arquiteturais</i>	27
II.6.3. <i>Sistemas deposicionais</i>	30
II.6.4. <i>Ciclicidade</i>	32
II.7. Seqüências deposicionais em sucessões aluviais	32
II.7.1. <i>Considerações teóricas</i>	32
II.7.2. <i>O caso do Grupo Santa Bárbara</i>	37
II.8. Tectônica e sedimentação	38
II.8.1. <i>Relações entre o Alto de Caçapava do Sul e o Grupo Santa Bárbara na Sub-Bacia Camaquã Ocidental</i>	38
II.8.2. <i>Paleocorrentes</i>	38
II.8.3. <i>Proveniência macroscópica</i>	39
II.8.4. <i>Proveniência microscópica</i>	44
II.8.5. <i>Resposta estratigráfica ao soergimento do Alto de Caçapava do Sul</i>	48
II.9. Conclusões	50
III. REVISÃO DA ESTRATIGRAFIA DO GRUPO GUARITAS E DISTINÇÃO ENTRE CONTROLES CLIMÁTICOS E TECTÔNICOS EM SUA EVOLUÇÃO	53
III.1. Introdução	53
III.2. Trabalhos anteriores	54
III.3. Métodos	56
III.4. Litoestratigrafia	57
III.4.1. <i>Formação Guarda Velha</i>	57
III.4.2. <i>Formação Varzinha</i>	58
III.4.3. <i>Formação Pedra da Arara</i>	61
III.4.4. <i>Formação Pedra Pintada</i>	62
III.4.5. <i>Formação Pedra das Torrinhas</i>	62
III.4.6. <i>Formação Serra do Apertado</i>	64
III.4.7. <i>Suíte Intrusiva Rodeio Velho</i>	64
III.5. Controles climáticos na sedimentação do Grupo Guaritas: arquitetura de depósitos de interação eólico-fluvial das formações Pedra da Arara e Pedra Pintada	66
III.5.1. <i>Evolução dos conhecimentos sobre as sucessões eólicas do Grupo Guaritas</i>	66
III.5.2. <i>Fácies sedimentares</i>	67
III.5.3. <i>Associações de fácies</i>	71
III.5.4. <i>Variações laterais e fatores autogênicos</i>	75
III.5.5. <i>Super-superfícies, ciclicidade e controles climáticos</i>	86

Gracias por visitar este Libro Electrónico

Puedes leer la versión completa de este libro electrónico en diferentes formatos:

- HTML(Gratis / Disponible a todos los usuarios)
- PDF / TXT(Disponible a miembros V.I.P. Los miembros con una membresía básica pueden acceder hasta 5 libros electrónicos en formato PDF/TXT durante el mes.)
- Epub y Mobipocket (Exclusivos para miembros V.I.P.)

Para descargar este libro completo, tan solo seleccione el formato deseado, abajo:

