Pesquisas em Geociências

<http://seer.ufrgs.br/PesquisasemGeociencias>

Contribuição à Geologia da Região de Santa Maria Rio Grande do Sul Brasil

Carlos Alfredo Bortoluzzi

Pesquisas em Geociências, 4 (1): 7-86, Set./Dez., 1974.

Versão online disponível em:

<http://seer.ufrgs.br/PesquisasemGeociencias/article/view/21834>

Publicado por

Instituto de Geociências

Portal de Periódicos
UFRGS

UNIVERSIDADE FEDERAL
DO RIO GRANDE DO SUL

Informações Adicionais

Email: pesquisas@ufrgs.br

Políticas: <http://seer.ufrgs.br/PesquisasemGeociencias/about/editorialPolicies#openAccessPolicy>

Submissão: <http://seer.ufrgs.br/PesquisasemGeociencias/about/submissions#onlineSubmissions>

Diretrizes: <http://seer.ufrgs.br/PesquisasemGeociencias/about/submissions#authorGuidelines>

Data de publicação - Set./Dez., 1974.

Instituto de Geociências, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, RS, Brasil

um determinado ambiente de sedimentação. A fim de estabelecer uma escala de tempo, é necessário estabelecer uma escala de tempo para a comparação das formas e estruturas sedimentares relacionadas com os ambientes de sedimentação e com a evolução da vida.

O presente trabalho tem como objetivo principal estabelecer uma escala de tempo para a comparação das formas e estruturas sedimentares relacionadas com os ambientes de sedimentação e com a evolução da vida. Para isso, foram estudadas as formações da região de Santa Maria, no Rio Grande do Sul, visando estabelecer uma escala de tempo para a comparação das formas e estruturas sedimentares relacionadas com os ambientes de sedimentação e com a evolução da vida.

Para a elaboração da escala de tempo, foram estudadas as formações da região de Santa Maria, no Rio Grande do Sul, visando estabelecer uma escala de tempo para a comparação das formas e estruturas sedimentares relacionadas com os ambientes de sedimentação e com a evolução da vida.

Para a elaboração da escala de tempo, foram estudadas as formações da região de Santa Maria, no Rio Grande do Sul, visando estabelecer uma escala de tempo para a comparação das formas e estruturas sedimentares relacionadas com os ambientes de sedimentação e com a evolução da vida.

SINOPSE

O presente trabalho compreende o estudo de uma área situada às vizinhanças da cidade de Santa Maria, no Estado do Rio Grande do Sul, visando primordialmente ao conhecimento da estratigrafia da Formação Santa Maria na área de sua "seção-tipo".

Tendo em vista a posição dessa Formação dentro da coluna gonduânica regional, o estudo foi estendido às demais formações que compõem o Grupo São Bento na área em referência, com a finalidade de caracterizar cada uma delas sob o ponto de vista estratigráfico e sedimentológico, da mesma forma que determinar as relações recíprocas de contacto.

SUMMARY

This paper is the result of a study made in the neighborhood of the city of Santa Maria, State of Rio Grande do Sul, South Brazil, in an area of about 180 km².

The main purpose of it is the establishment of the stratigraphy and contact relationships of the Santa Maria Formation in the region of its type-section. However, due to the particular position of this Triassic formation in the regional column of the Paraná Basin, as well as to the difficulties pointed out by geologists to distinguish it from the bounding red-bed formations, the study was extended to the study of the other formations of the São Bento Group in the area in reference, with the aim of characterizing each one of them under the point of view stratigraphic and sedimentologic, and of determining the reciprocal relations of contact.

* Trabalho realizado sob os auspícios do CNPq; publicado com auxílio financeiro da FAPERGS.

** Professor do Instituto de Geociências da U.F.R.G.S.

PESQUISAS, PORTO ALEGRE, 4(1): 7-86, OUTUB. 1974

A finalidade do presente trabalho é a de estabelecer a estratigrafia da Formação Santa Maria na área de sua seção-tipo, visando primordialmente ao conhecimento da estratigrafia da Formação Santa Maria na área de sua "seção-tipo".

CONTRIBUIÇÃO À GEOLOGIA DA REGIÃO DE SANTA MARIA RIO GRANDE DO SUL BRASIL*

CARLOS ALFREDO BORTOLUZZI**

O presente trabalho compreende o estudo de uma área situada às vizinhanças da cidade de Santa Maria, no Estado do Rio Grande do Sul, visando primordialmente ao conhecimento da estratigrafia da Formação Santa Maria na área de sua "seção-tipo". Tendo em vista a posição dessa Formação dentro da coluna gonduânica regional, o estudo foi estendido às demais formações que compõem o Grupo São Bento na área em referência, com a finalidade de caracterizar cada uma delas sob o ponto de vista estratigráfico e sedimentológico, da mesma forma que determinar as relações recíprocas de contacto.

O presente trabalho compreende o estudo de uma área situada às vizinhanças da cidade de Santa Maria, no Estado do Rio Grande do Sul, visando primordialmente ao conhecimento da estratigrafia da Formação Santa Maria na área de sua "seção-tipo". Tendo em vista a posição dessa Formação dentro da coluna gonduânica regional, o estudo foi estendido às demais formações que compõem o Grupo São Bento na área em referência, com a finalidade de caracterizar cada uma delas sob o ponto de vista estratigráfico e sedimentológico, da mesma forma que determinar as relações recíprocas de contacto.

O presente trabalho compreende o estudo de uma área situada às vizinhanças da cidade de Santa Maria, no Estado do Rio Grande do Sul, visando primordialmente ao conhecimento da estratigrafia da Formação Santa Maria na área de sua "seção-tipo". Tendo em vista a posição dessa Formação dentro da coluna gonduânica regional, o estudo foi estendido às demais formações que compõem o Grupo São Bento na área em referência, com a finalidade de caracterizar cada uma delas sob o ponto de vista estratigráfico e sedimentológico, da mesma forma que determinar as relações recíprocas de contacto.

RESUMÉ

Ce travail concerne l'étude d'une aire située près de la ville de Santa Maria, dans l'État du Rio Grande do Sul. Le but est, tout d'abord, de connaître la position de la Formation Santa Maria dans la région de la section-type. Étant donnée la position de cette formation dans la colonne gondwanienne régionale, l'étude fut étendue aux autres unités qui forment le Groupe São Bento dans la région de référence. On a essayé de caractériser chaque une d'elles du point de vue stratigraphique, sédimentologique et paléontologique et d'étudier également les relations de contact entre les différentes formations.

1 — INTRODUÇÃO

A finalidade do presente trabalho é a de estabelecer a estratigrafia da Formação Santa Maria na área de sua secção-tipo — a região de Santa Maria, no Estado do Rio Grande do Sul. Levou-se em consideração, para tanto, o fato que desde sua introdução como uma unidade da coluna gonduânica do Rio Grande do Sul, esta formação não havia sido proposta como uma unidade formal, carecendo de informações básicas a respeito de seus aspectos litológicos, estratigráficos e geológicos.

Desde que o conhecimento da Formação Santa Maria está intimamente associado com a constituição do Grupo São Bento no Estado, realizou-se o mapeamento geológico, na escala 1:25.000, de uma área com aproximadamente 180 km², partindo da Formação Rosário do Sul ss., limitante da Formação Santa Maria pela parte inferior, até a escarpa arenito-basáltica da Serra Geral. A área mapeada compreende uma faixa alongada, com a maior dimensão (18 km) orientada segundo N-S, situada entre as coordenadas 29°38'20" — 29°48'10" de latitude Sul e 53°51'20" — 53°45'00" de longitude Oeste, no município de Santa Maria, Estado do Rio Grande do Sul.

Os documentos básicos para o levantamento geológico foram as fotografias aéreas, na escala 1:30.000; o mapa topográfico da Diretoria do Serviço Geográfico do Ministério da Guerra, escala 1:50.000, edição de 1959 (folha de Santa Maria) e um mapa, executado por "Serviços Aerofotográficos Cruzeiro do Sul S. A.", gentilmente cedido pela "Comissão do Plano Diretor" da Secretaria de Obras e Viação da Prefeitura Municipal daquela cidade.

As medidas e parâmetros granulométricos analisados no presente trabalho estão relacionados com as Formações Rosário do Sul ss., Santa Maria e Botucatu, tendo sido estudadas 55 amostras pertencentes às diferentes unidades.

Os parâmetros medidos compreendem a média aritmética, a mediana, o desvio padrão, o grau de assimetria e a curtosis, de acordo com FOLK & WARD (1957). Paralelamente ao exame granulométrico, foram realizadas análises morfológicas, usando-se a carta padrão de POWERS (1953) para o arredondamento e o processo sugerido por RITTENHOUSE (1943) para a esfericidade.

Para a textura superficial, levando em consideração a subjetividade na interpretação das feições superficiais dos grãos, adotou-se o princípio de considerar o total das amostras, com uma representação média dos valores. É sabido que a textura superficial por si só não é suficiente para concretizar

um determinado ambiente de sedimentação. A finalidade deste estudo, aqui, é a de fornecer um modesto subsídio para a comparação dos parâmetros sedimentológicos relacionados com os ambientes fluvial, lacustre e eólico, característicos das unidades em estudo.

O estudo mineralógico das argilas foi feito por difratogramas de Raios X. As amostras foram preparadas separando-se a fração menor que 0,002 mm, tendo para cada uma delas sido feitos três difratogramas: o normal, da amostra orientada; com a amostra glicolada e, finalmente, a amostra foi analisada após ser calcinada a 450°C durante 15 minutos.

Nas análises de difração foi usado um difratômetro NORELCO, com anticátodo de cobre, com 35 KV e 20 mA. As sensibilidades usadas foram de $2.1.10$ e $2.1.10^2$ e a velocidade, $2^\circ 2' \varnothing$ p/minuto.

Para a determinação semi-quantitativa das argilas, a quantidade relativa dos orgilo-minerais foi expressa em partes por dez.

II — GEOLOGIA REGIONAL: O GRUPO SÃO BENTO NO RIO GRANDE DO SUL

A obra de I. C. WHITE (1908) representa um marco no desenvolvimento dos estudos sobre a estratigrafia e paleontologia da Bacia do Paraná. A geologia gonduânica dos Estados meridionais do Brasil gravita em torno da clássica coluna por ele estabelecida, à qual denominou "Sistema de Santa Catarina", em menção ao Estado homônimo. As rochas deste sistema figuram ao longo da Estrada Nova do Rio do Rasto, a qual partindo de Lauro Müller (antiga Estação das Minas) vai até o alto da Serra Geral, no município de São Joaquim. Como resultado da extensão de seus estudos aos demais Estados sulinos, chegou WHITE (op. cit.) à conclusão que o conjunto das litologias permotriássicas apresentavam, em maior ou menor escala, similaridades com as rochas presentes na secção da Estrada Nova, em Santa Catarina. Baseou-se, o autor, no fato que as camadas vermelhas do

Rio do Rasto teriam ampla distribuição superficial, estendendo-se de São Paulo ao Paraná, Santa Catarina e Rio Grande do Sul, e que, neste último Estado, conteriam os fósseis estudados por WOODWARD (1907) e fixados como triássicos.

OLIVEIRA (1927), propôs algumas modificações à coluna de WHITE, porém continuou referindo os sedimentitos da "série" São Bento ao Triássico, visto considerar o Grupo Rio do Rasto como a unidade basal da "série". Convém assinalar, outrossim, o retorno da designação "Arenito Botucatu" à coluna gonduânica proposta por Oliveira (op. cit.), conforme proposição de GONZAGA DE CAMPOS (1899).

Nesta mesma época DU TOIT (1927) introduz modificação substancial na coluna da Bacia do Paraná, com base em determinações paleontológicas de COWPER REED, relacionadas com fósseis coletados por DU TOIT em Rio Claro do Sul, Estado do Paraná, e atribuídos à gêneros do Triássico marinho do Hemisfério Norte. Dividiu a Formação Estrada Nova em duas partes: uma inferior, de idade permiana e outra superior, triássica, ambas situadas na "série" Passa Dois, porém separadas por uma discordância. A parte superior apresentaria relações concordantes com a Formação Rio do Rasto, da "série" São Bento, na qual incluía também os sedimentos da região de Santa Maria.

MORAES REGO (1930) propôs, pela vez primeira, o desmembramento das "camadas do Rio do Rasto", quando publicou antecipadamente conclusões de OLIVEIRA (1930), expressas em trabalho apresentado à Academia Brasileira de Ciências. Em seu trabalho, assinala MORAES REGO (op. cit.): "De acordo com o Dr. Euzébio de Oliveira, dividimos a Série Rio do Rasto em dois grupos: o inferior, 'camadas da Serrinha', situada a NW de Marechal Mallet, na estrada de cargueiro para Roxo Raiz, onde o Dr. Euzébio de Oliveira encontrou, em 1908, os fósseis que permitiram ao Dr. REED determinar a sua idade, e o superior, 'camadas de Santa Maria', onde se acham os répteis e madeiras petrificadas. Estes dois grupos distinguem-se pela natureza de seus fósseis, e em parte pelo caráter litológico de suas camadas. Nas camadas da Serrinha, grupo inferior do Rio do Rasto, tem-se encontrado fósseis marinhos e representantes da Flora *Glossopteris*".

Para melhor compreender a sugestão de MORAES REGO (op. cit.), é conveniente reproduzir parte da coluna proposta por OLIVEIRA (op. cit.) para as camadas triássicas do Sistema de Santa Catarina:

Rético:	{	— Rochas Eruptivas da Serra Geral
		— Arenito de Botucatu
Keuper:	{	— Camadas de Santa Maria: com árvores petrificadas e répteis (<i>Erytrosuchus</i> , <i>Cephalonia</i> , <i>Rhyncosaurios</i>)
		— Camadas da Serrinha, com <i>Cuspidaria</i> e <i>Myophoria</i>
		— Camadas de Terezina, com <i>Pachycardia</i> .
Rio do Rasto	{	

Os pelecípodos das camadas do Rio do Rasto foram descobertos por OLIVEIRA no Estado do Paraná, e estudados por HOLDHAUS (1919), que concluiu pela idade carbonífera dos mesmos. Nesta ocasião, OLIVEIRA (1919), em anexo ao trabalho de HOLDHAUS (op. cit.), é partidário de uma separação entre o Rio do Rasto e Santa Maria, justificando sua opinião na datação realizada por aquele paleontólogo para o Rio do Rasto do Paraná, e a idade triássica atribuída por WOODWARD (apud WHITE, 1908) aos répteis fósseis de Santa Maria.

Estudos subseqüentes realizados por COWPER REED em 1928 (apud OLIVEIRA, 1930) em material idêntico, coletado por OLIVEIRA em 1907-1908, e enviado ao referido paleontólogo por DU TOIT, indicaram idade triássica para os mesmos sedimentos, retornando então OLIVEIRA (1927), como já tivemos oportunidade de comentar, à antiga concepção de WHITE (op. cit.), idéia esta que manteve no trabalho subseqüente (OLIVEIRA, 1930). Esta, aliás, está expressa na coluna que reproduzimos acima.

De acordo com OLIVEIRA (op. cit.), as camadas com *Pachycardia* ocorrem nas regiões de Colônia Rio Claro e Terezina (Paraná) sendo constituídas de calcáreos silicificados e folhelhos, arenosos. As camadas com *Cuspidaria* e *Myophoria* encontram-se em Serrinha (Paraná) e são a parte inferior das camadas vermelhas do Rio do Rasto, enquanto que a parte superior é constituída de camadas com madeiras petrificadas e répteis de Santa Maria, no Rio Grande do Sul.

Von HUENE & STAHLCKER (1931), ao realizarem suas observações geológicas e paleontológicas no Rio Grande do Sul, seguiram o mesmo critério adotado por WHITE (op. cit.). Quando tratam dos sedimentos com répteis consideram-nos como pertencentes às "camadas do Rio do Rasto". Tal critério, aliás, influenciou a maioria dos geólogos

que estudaram esta unidade em épocas subseqüentes, de modo que a real extensão da Formação Santa Maria tem sido sempre superestimada.

FIUZA DA ROCHA e SCORZA (1940) realizaram um estudo minucioso da coluna estratigráfica de WHITE na "Estrada Nova do Rio do Rasto". De acordo com estes autores, a Formação Estrada Nova pode ser dividida em duas partes, o Andar Estrada Nova "sensu strictu" e o Andar Terezina, o primeiro fazendo parte da Série Passa Dois e o segundo, juntamente com o Andar Santa Maria, constituiria a Série Rio do Rasto. Com relação às camadas de Santa Maria, escrevem os citados autores: "entre o tópo do Andar Terezina e a base do Arenito Botucatu, as camadas de folhelhos e arenitos intercalados tornam-se vermelhas, se bem que os 4 primeiros metros da base apresentam finas intercalações variadas de folhelhos. Este andar corresponde às camadas de Santa Maria que, em vários pontos do Estado do Rio Grande do Sul (Santa Maria, Santa Cruz, etc.) se apresentam de maneira muito conspícua e concerram abundantíssimos fósseis de ordem dos Rhyncosauridae e também madeiras fósseis (Dadoxylon, etc.)." Pelo que se pode observar, até a data da publicação deste trabalho as camadas de Santa Maria sempre foram associadas às do Rio do Rasto ou, como neste último caso, considerada como uma unidade independente, situada entre o Botucatu e o Andar Terezina.

MENDES (1944) revisou a fauna de pelecipodos da Formação Estrada Nova de Rio Claro e Corumbataí, Estado de São Paulo, fauna esta proveniente dos mesmos horizontes de onde Von HUENE obtivera uma coleção de fósseis descrita por COWPER REED em 1932. Propôs, na ocasião, novos gêneros e aceitou a idade triássica e um ambiente marinho para as malacofaunas.

Em 1945, o mesmo autor apresentou argumentos paleontológicos e estratigráficos contrários à idade triássica do "Grupo Passa Dois", que considerou Permiano.

Em 1947, GORDON Jr., MAACK, CASTER e CAMARGO MENDES dirigiram-se às localidades tipo das Camadas do Rio do Rasto (Santa Catarina) e das Camadas de Santa Maria (R.G.S.) a fim de esclarecer a correlação entre as duas citadas unidades. A opinião unânime (MENDES, 1967) foi de que a correlação, ainda que aceitável nos trabalhos pioneiros, não é admissível. A inclusão

das camadas Rio do Rasto no Grupo Passa Dois data desta época.

Ainda em 1947, GORDON Jr. publicou uma classificação sumária das rochas gonduânicas do Paraná, Santa Catarina e Rio Grande do Sul, propondo uma nova coluna do Sistema de Santa Catarina. Nesta, segue as sugestões propostas por OLIVEIRA (1930) para limitar as subdivisões menores, voltando a apresentar as três maiores como propostas por WHITE (op. cit.), ou seja: Série Tubarão, Série Passa Dois e Série São Bento. A Série São Bento apresenta a configuração abaixo:

Triássico — Série São Bento:	{	— Arenito Caiuá (restrito ao Paraná) —	Discordância
		— Formação Serra Geral —	Discordância
		— Formação Botucatu —	Discordância
		— Formação Santa Maria — (restrita ao R. G. S.)	Discordância.

A Formação Rio do Rasto, de acordo com GORDON JR. (op. cit.), compreende a parte mais superior da "Série" Passa Dois, enquanto a Formação Santa Maria, presente apenas no Rio Grande do Sul, constitui a base da "Série" São Bento, guardando relações discordantes com as unidades adjacentes. Justifica a discordância com a Formação Rio do Rasto pela marcante diferença de idades entre os dois conjuntos de sedimentitos, considerando o Rio do Rasto inteiramente Permiano e enfatizando a impropriedade de sua correlação com as Camadas de Santa Maria, portadoras de fósseis do Triássico Superior. Apesar de apontar a discordância com o Botucatu, o autor não apresentou argumentos que pudessem comprovar a assertiva.

BEURLIN, SENA Sob^o & E. MARTINS (1955) teceram considerações sobre o comportamento das formações gonduânicas no Rio Grande do Sul; ao se referirem à Formação Santa Maria, enfatizaram a dificuldade de reconhecer, sempre que os fósseis estão ausentes, se estas camadas são um horizonte inferior estratigraficamente autônomo, ou se não são mais que uma fácies local, intercalada ao Arenito Botucatu. Apresentaram uma coluna geológica (Quadro nº 1), da qual reproduzimos a parte que interessa à presente discussão:

QUADRO N° 1 — (Apud BEURLEN et al., 1955)

PERIODOS			FORMAÇÕES GEOLÓGICAS SULRIOGRANDENSES	
JURÁSSICO E CRETÁCEO			?	
TRIASSICO	Superior	Série São Bento	Derrame diabásico da Serra Geral	Prov. Equivalentes:
			Arenitos Botucatu e Camadas S. Maria	Andesitos
				Conglomerado Seival
			Discordância	
PERMIANO	Inferior			
	Superior			
		Série Passa Dois	Grupo Estrada Nova	Camadas Serra Alta Folhelhos Irati

De acordo com os autores citados, nas regiões de Santa Maria e Candelária é possível distinguir duas secções da “Série” São Bento:

a) Uma inferior, com espessura de aproximadamente 150 m, consistindo de arenitos vermelhos, às vezes com estratificação cruzada e intercalações delgadas ou espessas de siltitos e argilas vermelhas. Principalmente nas argilas, ocorrem os restos de uma flora fóssil, de idade triássica e uma fauna de répteis do Triássico Superior. Esta secção corresponde às camadas de Santa Maria. Referem ainda à impropriedade da correlação destas camadas com as rochas do Grupo Rio do Rasto, de Santa Catarina, que afirmam estarem ausentes no perfil do Gondwana Sul-rio-grandense.

b) Uma secção superior, com espessura aproximada de 100 m, que é o Arenito Botucatu.

GOÑI & DELANEY (1961 e 1963) introduzem modificações na coluna do Gondwana Superior do Rio Grande do Sul. Tendo em vista que estas interessam mais de perto à estratigrafia da Formação Santa Maria, discutiremos estes trabalhos na ocasião oportuna.

GAMERMANN (1973) é de opinião que os sedimentos situados entre a Formação Botucatu e a Estrada Nova constituem uma nova e única unidade estratigráfica dentro da seqüência do Grupo

São Bento do Rio Grande do Sul, que propõe seja designada Formação Rosário do Sul. Esta idéia também será analisada oportunamente.

III — A GEOLOGIA DA REGIÃO DE SANTA MARIA

III.1. — GENERALIDADES

Os sedimentos gonduânicos do Rio Grande do Sul distribuem-se ao longo de uma área deprimida, situada entre as regiões salientes do Escudo Sul-rio-grandense, ao Sul e Sudoeste, e a escarpa arenito-basáltica da Serra Geral, ao Norte e Oeste. As formações ocorrem em faixas que guardam entre si um paralelismo grosseiro, as mais antigas envolvendo as rochas pré-cambrianas e eopaleozóicas do Escudo, as mais jovens mergulhando sob as lavas básicas da Formação Serra Geral. Os mergulhos são suaves, dirigidos para o Norte e Noroeste.

Esta Unidade fisiográfica, conhecida como **Depressão Periférica Sul-rio-grandense**, é caracterizada pela presença de formas de relevo modestas, onde as feições mais típicas são representadas por coxilhas baixas e alongadas, e tabuleiros areníticos de relevo mais acentuado cujas cotas, entretanto, raramente ultrapassam os 150 m.

A cobertura vegetal é predominantemente campestre (de gramíneas) e arbustiva. Ao longo do rio Jacuí, principal curso d'água no domínio da depressão, encontram-se capões de matas de grande porte e, mais adiante, a mata de transição entre a vegetação da depressão e as matas silváticas da Serra Geral. As margens dos afluentes do Jacuí encontra-se, também, o mesmo aspecto de matas densas do tipo ciliar estando seu volume subordinado ao tipo de vale e à densidade da drenagem.

A área mapeada está situada praticamente na zona de transição entre a depressão e a escarpa arenito-basáltica da Serra Geral. Inicia nos sedimentos arenosos da Formação Rosário do Sul, recobertos pelo extenso manto aluvionar do arroio Arenal e vai até o primeiro degrau do planalto basáltico.

A Formação Rosário do Sul caracteriza-se por uma topografia suavemente ondulada, ora com coxilhas alongadas, no domínio das litologias mais finas, ora com extensas mesas, sustentadas pelos pacotes essencialmente arenosos da formação. Os mergulhos suaves, em direção ao norte, proporcionam o eventual desenvolvimento de cuestas com o "front" voltado para o Sul.

Pouco ao norte do arroio Arenal, aparece um maciço arenoso muito característico, orientado segundo NW, que forma um nítido contraste com as áreas mais rebaixadas ao sul e os siltitos da Formação Santa Maria, ao norte. Suas cotas alcançam de 130 a 150 m, formando uma topografia de morros alongados, de topo chato e vertentes convexas, com vales relativamente profundos e amplos, cobertos nas margens por matas do tipo ciliar.

Daí para Norte surgem os sedimentos típicos da Formação Santa Maria, determinantes de uma topografia suave de coxilhas baixas, alongadas na direção N-S, visto que a drenagem que desce da escarpa flue preferentemente segundo esta direção. Nos sedimentitos da formação Santa Maria a drenagem enraiva-se para originar feições erosionais enraivadas, localmente denominadas "sangas". Estas são muito freqüentes nas áreas de ocorrência da formação, sendo uma característica distintiva útil para o seu reconhecimento em fotografias aéreas.

Como peças isoladas dentro deste domínio, aparecem vários morros testemunho da Serra Geral (Foto nº 1). O cerro Mariano da Rocha está afastado cerca de 1.500 m da escarpa basáltica

propriamente dita, e se constitui na ocorrência mais meridional de basalto da faixa mapeada. Seguem-se o Cerrito e o cerro da Alemôa, todos alinhados segundo NE, com os topos em diferentes cotas e recobertos por uma delgada capa basáltica que agiu como mantenedora da topografia.

A Formação Botucatu, aqui representada por duas fácies geneticamente distintas, apresenta-se também morfologicamente definida. A fácies fluvial, que compreende uma intercalação de arenitos com clásticos finos, mostra uma topografia de morros arredondados, em cotas sempre superiores às da Formação Santa Maria. Seus afloramentos são significativos em grande extensão da área mapeada. A fácies eólica, exclusivamente arenosa, forma paredões verticais ao longo de uma linha contínua e estreita de afloramentos que segue, grosso modo, o contorno da cobertura basáltica, formando com essa uma linha irregular que constitui a escarpa da Serra Geral.

Finalmente, no limite norte da área, aparecem os derrames basálticos, já bastante entalhados pelo trabalho erosivo de uma rede obsequente de drenagem, aqui principalmente caracterizada pelo arroio Vacacaí Mirim, afluente do rio Jacuí, e pelos afluentes da margem esquerda do arroio Cadena. Sem dúvida a atividade tectônica pós-trapeana contribuiu, juntamente com a drenagem, para originar a série de escarpas alinhadas, como as do cerro da Caturrita, cerro do Linck e várias outras do maciço denominada Montanha Russa e da Serra do Pinhal, que forma o primeiro degrau da Serra Geral em direção ao planalto. A topografia dos basaltos é tipicamente tabular, tendo a erosão determinado a separação, da linha principal de escarpas, de uma faixa de morros mesetiformes, dos quais os mais sugestivos representantes são o cerro da Caturrita e o cerro de Santa Maria.

Procurou-se estabelecer, no decorrer do trabalho, um critério que permitisse a visualização de um padrão de drenagem associado às unidades sedimentares envolvidas no mapeamento. Tal objetivo não foi alcançado de modo completamente satisfatório, apesar de ocorrerem certas particularidades que permitem visualizar traços amplos quanto a este elemento. O padrão presente na Formação Rosário do Sul, na região, é do tipo dendrítico, da mesma forma que o da Formação Santa Maria. Aspecto digno de nota, entretanto, é que a densidade aparente da drenagem na Formação Santa Maria está aliada a uma extensão menor de cursos perenes, apesar de ser formada à base de clásticos finos, ao contrário da primeira. É possível que esta anomalia seja devida ao maior gradiente das correntes que fluem sobre a Formação Santa

Maria, que descem diretamente das regiões escarpadas do planalto, enquanto as que fluem sobre a Formação Rosário do Sul estão mais próximo ao nível base local, o rio Vacacaí. Este fato explicaria também a extrema frequência de zonas alagadiças ao longo dos cursos de água que correm sobre a Formação Rosário do Sul, especialmente nas regiões dos banhados do Raimundo, de Santa Catarina e outros da parte imediatamente ao sul da área mapeada, da mesma forma que o enraizamento provocado pela drenagem intermitente nos lamitos da Formação Santa Maria (Mapa nº 2).

A drenagem da área basáltica, à qual se associa a Formação Botucatu, possui um comportamento mais definido, tendendo nitidamente para o padrão retangular, determinado especialmente pelas diaclases e falhas.

Há um controle local aparente da direção das camadas sobre certos cursos d'água, como no caso do arroio Cadena (em seu curso superior) e do Vacacaí Mirim, ao norte da cidade, onde apresentam comportamento subsequente.

III.2. — ESTRATIGRAFIA

III.2.1. — A FORMAÇÃO ROSÁRIO DO SUL

A designação foi empregada por GAMERMANN (op. cit.), para reunir os sedimentitos vermelhos que ocorrem entre as Formações Estrada Nova e Botucatu, no Rio Grande do Sul. De acordo com este autor, "A Formação Rosário do Sul é caracterizada por duas fácies: uma tipicamente fluvial, de planícies de inundação; e outra, lacustre, que constitui a fácies Santa Maria, decaracterísticas mais bio que litoestratigráficas". Estabelece, outrossim, a equivalência da unidade com designações dadas a todo o pacote, ou a parte dele, por diversos autores.

Se por um lado aceitamos as argumentações de GAMERMANN (op. cit.) quanto aos processos genéticos envolvidos na sedimentação das "fácies" da Formação Rosário do Sul, não concordamos com os critérios seguidos para a constituição da mesma. Os motivos para esta oposição, são os que seguem:

a) BEURLEN, SENA SOB° & MARTINS (1955) aplicaram a designação "Formação Santa

Maria" para reunir o conjunto sedimentar que se situa entre a Formação Estrada Nova e o Botucatu, como o faz GAMERMANN (op. cit.). Desta forma, a prioridade para a designação recairia sobre Santa Maria, na categoria de Formação ou, como sugere o "Código de Nomenclatura Estratigráfica" (1963, Trad. J. C. MENDES), em uma categoria mais elevada.

b) A designação "Formação Santa Maria" é consagrada pelo uso. A primeira citação na bibliografia data de 1930, sob o epíteto "Camadas de Santa Maria" (MORAES REGO, op. cit.). Subseqüentemente GORDON Jr. (1947) consagra-a como "Formação Santa Maria", unidade cuja distribuição restringiu ao Estado do Rio Grande do Sul. Desde então, publicações nacionais e internacionais têm-se referido à unidade dentro desta categoria.

c) A alegação de que a Formação Santa Maria é mais uma unidade bio que litoestratigráfica não procede, ainda que na zona de contato inferior, que é gradacional com a Formação Rosário do Sul, haja dificuldade em se optar por uma ou outra formação. A presença de fósseis, entretanto, não é uma condição obrigatória para o reconhecimento da formação, ainda que seja uma ferramenta de grande valor.

d) A Formação Santa Maria possui distribuição ampla no Estado do Rio Grande do Sul, podendo ser mapeada numa escala 1:25.000. Seus caracteres litológicos permitem distingui-la das unidades adjacentes e situá-la, portanto, dentro desta categoria de unidades litoestratigráficas.

Estas são as razões pelas quais preferimos mantê-la, neste trabalho, dentro da categoria de formação. Consequentemente, restringimos o alcance da Formação Rosário do Sul, de GAMERMANN (op. cit.), que doravante passaremos a denominar Formação Rosário do Sul ss., compreendendo esta o conjunto de sedimentitos essencialmente arenosos que jazem entre a unidade superior do Grupo Passa Dois no Rio Grande do Sul (Formação Estrada Nova, apud FIGUEIREDO F°, 1972) e a Formação Santa Maria, no conceito que fazemos desta unidade.

III.2.1.1. — A Formação Rosário do Sul na região de Santa Maria

Essa formação aflora em toda a porção meridional da área mapeada. Ocorre numa faixa com direção geral E-W, desde o limite oriental da quadrícula até o arroio Cadena, a partir de onde acompanha, grosso modo, a orientação deste. Es-

tende-se, por outro lado, para leste, oeste e sul da área mapeada; neste último sentido, apresenta excelentes afloramentos ao longo da Estrada Santa Maria-São Sepé, que se distribuem até a região da Vila Block, aproximadamente 35 km ao sul de Santa Maria. O mergulho regional das camadas, aí, é para o norte.

A formação é constituída essencialmente de arenitos vermelhos em várias tonalidades, desde escuros até claros, passando a bordô e ocasionalmente amarelos ou esbranquiçados. As cores mais claras são via de regra produto da lixiviação de arenitos vermelhos. A granulometria dominante varia de areia muito fina a média, com proporções variáveis de silte e argila; as quantidades de silte em geral são elevadas, sendo freqüente inclusive a presença de leitos de siltito; no que se refere às argilas, sua percentagem raramente alcança 5%. O cimento em geral é ferruginoso, localmente calcífero e a matriz é argilosa.

A composição dos grãos é predominantemente quartzosa, aparecendo os feldspatos como constituinte subsidiário. Em alguns locais, porém, a presença destes últimos é significativa, e como estão já em adiantado estado de alteração, adquirem uma cor esbranquiçada, dando à rocha um aspecto salpicado. A presença de mica é constatada com freqüência, sendo rico o teor deste mineral em ocorrências locais. A consistência dos arenitos é variável, prevalecendo, em afloramentos, os friáveis e fracamente consolidados.

A presença de níveis grosseiros, de conglomerados ou arenitos conglomeráticos, não é rara. Os conglomerados apresentam matriz arenosa, muito abundante em relação aos clastos que via de regra são de siltitos argilosos vermelhos e, raramente, de quartzo. A grande maioria das ocorrências é apenas local, tratando-se de conglomerados intraformacionais. É comum observar-se logo abaixo dos horizontes conglomeráticos, intercalações lenticulares de siltitos e folhelhos, os quais forneceram os fragmentos contidos nos conglomerados.

As intercalações de sedimentitos finos são, de modo similar, bastante freqüentes. Não atingem, na maior parte dos casos, espessuras significativas. São siltitos e lamitos com tonalidades mais escuras que a dos clásticos grosseiros, que passam a apresentar maiores percentagens de areia até confundirem-se com os arenitos que são, sem dúvida, os elementos mais conspícuos da formação.

III.2.1.2. — Estruturas

As estruturas primárias mais freqüentes são as estratificações cruzadas do tipo acanalado ou em festões. Não são raros, por outro lado, os corpos de arenitos maciços ou com estratificação ondulada, esta mais freqüente nos arenitos finos, que emprestam à rocha um aspecto muito particular, quando intemperizada. Tal aspecto é caracterizado por superfícies convexas no arenito, entre dois planos de estratificação, imitando a forma de almofadas. Localmente, aparecem estratificações cruzadas do tipo planar-tabular ou convergente (planar cross-stratification; tabular set or wedge-shaped set — McKEE & WEIR, 1953), com estratos cruzados mergulhando fortemente (até 30%).

Estruturas secundárias

Na área estudada a presença de concreções não é tão significativa quanto na área da secção-tipo descrita por GAMERMANN (op. cit.). Quando ocorrem, o fazem de maneira dispersa, sendo de pequenas dimensões, em geral com grande quantidade de arenito. São mais abundantes na base da formação, especialmente na área de Formigueiro, ao sul de Santa Maria, exibindo feições do tipo rep-tária.

São freqüentes, outrossim, especialmente quando se trata de clásticos finos, pequenas manchas brancas esféricas, com diâmetro máximo de 1 cm, no interior de sedimento vermelho, que resultam provavelmente da redução do ferro provocada pela presença de um núcleo orgânico.

III.2.1.3. — Caracterização sedimentológica

A Tabela I dispõe os valores granulométricos correspondentes aos sedimentos da Formação Rosário do Sul ss.. Nela se observa que os valores máximo e mínimo da mediana (Md) são respectivamente, 5,30 ϕ (silte) e 1,30 ϕ (areia média), enquanto que a média dos valores situa-se ao redor de 3,21 ϕ , colocando o sedimento global dentro da categoria de areia muito fina. Os valores individuais da média aritmética (Mz) diferem um pouco dos da mediana (Md), indicando a má seleção dos

TABELA I

PARÂMETROS GRANULOMÉTRICOS CORRESPONDENTES AOS SEDIMENTOS DA FORMAÇÃO ROSÁRIO DO SUL ss.

AMOSTRA Nº	MEDIANA (Md)		MÉDIA ARIT. (Mz)		DESV. PADRÃO (I)	ASSIMETRIA (SK) I	CURT. GRAF. (K) G	CURT. SIMPI (K') G	LOCALIZAÇÃO
	Ø	mm	Ø	mm					
Ro — 1	1,60	0,3299	1,70	0,3078	1,22	0,088	1,91	0,65	Granja Edemar
Ro — 2	3,20	0,1088	3,90	0,067	1,63	0,790	2,07	0,67	Perf. Aren. — P. Tropas
Ro — 3	3,00	0,125	3,16	0,112	1,30	0,37	1,84	0,64	Perf. Aren. — P. Tropas
Ro — 4	2,50	0,177	2,62	0,1627	1,69	0,24	1,15	0,91	Perf. Aren. — P. Tropas
Ro — 5	3,00	0,125	2,90	0,134	1,41	0,01	1,25	0,55	Perf. Aren. — P. Tropas
Ro — 6	2,00	0,250	2,63	0,1615	1,60	0,55	0,65	0,39	Perf. Aren. — P. Tropas
Ro — 7	3,40	0,095	3,65	0,0797	1,12	0,52	1,08	0,52	Perf. Aren. — P. Tropas
Ro — 8	5,30	0,025	5,83	0,0176	1,58	0,55	1,05	0,51	Perf. Aren. — P. Tropas
Ro — 9	4,70	0,0385	5,50	0,022	1,53	0,79	1,20	0,54	4 Km N. Vila Block
Ro — 10	4,45	0,046	4,63	0,404	1,87	0,25	0,91	0,48	Reg. de Formigueiro
Ro — 11	3,85	0,0693	4,03	0,061	1,23	0,27	1,16	0,54	Parada J. Paim
Ro — 12	4,90	0,0335	5,00	0,031	0,62	0,37	1,34	0,57	Passo das Tunas
Ro — 13	1,30	0,4061	2,20	0,2176	2,09	0,78	2,34	0,70	Passo do Verde
Ro — 14	2,90	0,134	2,97	0,1285	0,96	0,29	1,68	0,63	Formigueiro
Ro — 15	1,60	0,330	1,70	0,3078	1,27	0,34	2,54	0,72	Vila Block
Ro — 16	3,30	0,1015	3,66	0,079	1,00	0,69	1,64	0,62	Vila Block
Ro — 17	3,60	0,0825	4,03	0,061	1,15	0,60	0,97	0,49	Formigueiro

Fig. 1 — Histogramas da Formação Rosário do Sul.

sedimentos. Observa-se uma tendência à bimodalidade em cerca de 30% dos sedimentos estudados (Fig. 1). A classe modal principal situa-se no intervalo 3 — 4 ϕ (areia muito fina) em 47% das amostras; em 29% das outras, no intervalo 1 — 2 ϕ (areia média) tendo 24% das amostras caído no intervalo 4 — 5 ϕ (silte grosso). A classe modal secundária se verifica em intervalos diversos, predominando no de 8 — 9 ϕ .

A Fig. 2 apresenta as curvas de frequência acumulada para as amostras da formação, traçadas em papel de probabilidade aritmética. O grau de seleção obtido pelo cálculo do desvio padrão (I) segundo FOLK & WARD (1957) mostra que 88% das amostras apresentam valores situados entre 1,00 e 2,00 da classificação de FOLK, o que significa que os sedimentos são pobremente classificados, fugindo à regra em apenas 2 amostras, que apresentam classificação moderada.

Os valores da assimetria (SK), calculados segundo FOLK & WARD (op. cit.), apresentam extremos compreendidos entre 0,9 (muito positiva) e 0,088 (aproximadamente simétrica). Das amostras analisadas, 64% mostram-se muito positivas, 25% positiva e 11% aproximadamente simétricas. A tendência da distribuição, portanto, é nitidamente para o lado dos finos.

O cálculo da curtosis foi feito graficamente para os valores de K'_G e aritmeticamente para os de K'_G . Os valores extremos variam de 0,91 (curva leptocúrtica) a 0,39 (platicúrtica). Para o total de amostras, temos os seguintes parciais: 76% leptocúrticas, 18% mesocúrticas e 6% platicúrticas, evidenciando, como regra, classificação melhor da parte central que nas terminais.

No que se refere à curtosis, FOLK & WARD (1957) referem que os valores extremamente altos ou baixos implicam em que os sedimentos obtiveram sua classificação alhures, em um ambiente de alta energia, e que foi transportado essencialmente com estas características de tamanho, não modificadas, para outro ambiente, onde foi misturado com outro tipo de material. O novo ambiente possui menor energia de seleção, de modo que as duas distribuições retêm suas características individuais, i.e., o sedimento mixto é fortemente bimodal. Isto coincide, em linhas gerais, com o que se observa

para a formação Rosário do Sul ss.. Se os sedimentos estão próximos da área fonte de areia, eles são caracteristicamente leptocúrticos e com simetria positiva, dado que a areia está em excesso. Quanto mais extremos forem os valores da curtosis, mais extrema é a relação das modas em seus ambientes prévios e menos efetiva é a classificação no presente ambiente.

Os valores positivos da assimetria, predominantes para as amostras da Formação Rosário do Sul ss., endossam a afirmação de FRIEDMANN (1961), no que se refere ao ambiente fluvial, fato este ainda associado à má classificação dos sedimentos. Segundo ainda o mesmo autor, o fato do transporte fluvial resultar de um fluxo unidirecional parece fornecer a explicação para a assimetria geralmente positiva das areias fluviais. Neste caso, o tamanho dos grãos que está sendo transportado não é importante quanto ao resultado final. Entretanto os limites superiores de grãos passíveis de ser transportados em suspensão ou saltação são governados pela competência do meio, enquanto esta limitação não afeta as partículas finas. O resultado desta limitação de competência é que na extremidade dos grosseiros, falta a "cauda" da curva de distribuição granulométrica, dando como resultado uma curva seccionada (vide Fig. 2), se a comparação é feita com uma curva normal.

O estudo morfoscópico dos grãos permitiu observar a predominância, em todos os intervalos, dos grãos mamelonares (58%) e sacaróides (285%) sobre os lisos, com um maior destaque dos foscos (74%) sobre os polidos, aparecendo estes últimos somente a partir do intervalo 0,5 mm para menos, sendo nula a presença dos mesmos entre 0,5 a 2,00 mm (Fig. 3).

As areias da formação apresentam dominante textural mamelonado fosco, secundada pela textura mamelonado polido. Uma comparação destas texturas com as areias de origem fluvial da Bacia de Curitiba (BIGARELLA et al., 1955) demonstra características bastante similares.

A medida qualitativa dos valores de arredondamento e esfericidade determinou uma predominância absoluta de grãos com elevada esfericidade, bem arredondados a subarredondados, até o intervalo de 0,125 mm, e com baixa esfericidade, angulares a subangulares, abaixo deste limite.

Fig. 2 — Curvas de frequência acumulada de amostras da Formação Rosário do Sul ss.

Fig. 3 — Representação gráfica da textura superficial dos grãos de areia da Formação Rosário do Sul ss.. Dominante granulométrica em diversos intervalos (média de 12 amostras).

III.2.1.4. — Espessura

A espessura total da Formação Rosário do Sul ss. não foi medida, dado que esta unidade está representada apenas parcialmente na área estudada. Localmente, no entanto, alcança valores superiores a 60 m.

III.2.1.5. — Paleontologia e idade

Afora restos de troncos silicificados, encontrados pelo autor na área de Santa Maria (estrada Santa Maria-São Sepé, defronte à Granja Edemar, 1.500 m ao Sul do Passo das Tropas); por GAMERMANN (op. cit.) na região de Faxinal do Soturno, e outras ocorrências esparsas no leste do Estado, não existem outros tipos de fósseis nesta formação.

Tendo isto em vista, e considerando a relação concordante entre as formações Rosário do Sul ss. e Santa Maria, admitimos, com base na comprovada idade triássica superior desta última, uma idade também triássica para a Formação Rosário do Sul ss..

III.2.2. — A FORMAÇÃO SANTA MARIA

A Formação Santa Maria tem sido, sem dúvida, uma das unidades mais discutidas da coluna gonduânica do Rio Grande do Sul. Paradoxalmente, o conhecimento de suas características é dos mais precários, ainda que praticamente tudo já se tenha dito a respeito da mesma, quer no que se relaciona aos aspectos estratigráficos, quer no que diz respeito à sua gênese e distribuição através do Estado. A razão do interesse dos estudiosos na Formação Santa Maria prende-se ao seu conteúdo fossilífero, pois os restos vegetais que contém, e especialmente a sua rica fauna reptiliana, tem levado geólogos e paleontólogos das mais variadas procedências a visitar as regiões de ocorrência desta unidade com o intuito de encontrar elementos que possibilitem correlacioná-la com formações gonduânicas de outras regiões do globo. Por outro lado, seus fósseis são os únicos dentro da sequência de camadas da Bacia do Paraná que permitem datá-la com precisão no Triássico Superior.

Desde a primeira metade do século XIX, são feitas referências à presença de jazigos fossilíferos na região, porém as informações sobre as primeiras coletas são muito vagas. A título de ilustração transcreveremos um parágrafo da obra "Paleon-

tologia de Santa Maria e São Pedro do Sul", de BELTRÃO (1965) — "Quanto à primeira coleta de fósseis nos jazigos de Santa Maria, não obtive elementos para afirmar ou negar que tenham sido visitados por FRANZ SELLOW, que percorreu parte do Rio Grande do Sul e do Uruguai de 1821 a 1827, coletando material botânico, mineralógico e paleontológico e por NATHANIEL PLANT, que fez o mesmo em 1860".

Em 1902, JANGO FISCHER coletou alguns restos de ossos calcificados, vértebras e falanges, em um afloramento da região da Alemôa, enviando-os a H. Von IHERING, então diretor do Museu Paulista, em São Paulo. Este material foi por ele encaminhado ao paleontólogo A. S. WOODWARD, do British Museum, de Londres, que identificou-o como pertencente a um réptil do "grupo dos dinossauros", denominando-o *Scaphonix fischeri*, nome genérico dado em alusão à escavação ungueal, e o específico, em homenagem ao descobridor dos restos. WOODWARD (1907) atribuiu ao réptil idade triássica. Tal descoberta trouxe a Santa Maria a primazia no que se relaciona com a presença de répteis terrestres fósseis na América do Sul. Esta talvez se constitua, também, na primeira referência de real significado sobre os fósseis da Formação Santa Maria.

MORAES REGO (op. cit.), conforme já referimos, empregou a denominação "Camadas de Santa Maria" para reunir o conjunto sedimentar com répteis fósseis das vizinhanças de Santa Maria.

Após esta data, muitos outros trabalhos de caráter eminentemente paleontológico foram escritos, relacionados com a fauna reptiliana da Formação Santa Maria. São especialmente importantes os de Von HUENE (1939^a, 1939^b, 1942); PRICE & RO-MER (1944); PRICE (1946); COLBERT (1952, 1963, 1970) e COX (1965). Os conceitos relativos à idade da formação, resultantes destes estudos, serão discutidos em capítulo subsequente.

Menção especial, contudo, deve ser feita ao trabalho de Von HUENE que, em companhia de STAHLCKER, levou a efeito uma expedição no Rio Grande do Sul, de julho de 1928 a abril de 1929, com a finalidade de coletar fósseis nas regiões de Santa Maria e São Pedro do Sul. Como resultado de suas pesquisas no campo da Paleontologia, Von HUENE publicou um dos mais importantes trabalhos sobre a fauna da Formação Santa Maria, intitulado — *DIE FOSSILIEN REPTILIEN DES SUDAMERIKANISCHEN* editado em 1942, onde são descritos 10 novos gêneros e 15 espécies novas de saúrios gonduânicos dos afloramentos de Santa Maria e Xiniquá.

As observações geológicas foram condensadas na obra *GEOLOGISCHE BEOBACHTUNGEN IN RIO GRANDE DO SUL*, publicada em 1931, contendo um valioso acervo de informações a respeito da geologia do Estado. No que se relaciona às camadas triássicas da região de Santa Maria, então correlacionadas com a Formação Rio do Rasto, estimou-lhes uma espessura de aproximadamente 300 metros, distribuída entre a Formação Estrada Nova e o Arenito Botucatu.

Este conjunto compreende, em nosso entender, além dos sedimentitos fluviais da Formação Botucatu, aqui denominados Membro Caturrita, a totalidade da Formação Santa Maria e as camadas arenosas da Formação Rosário do Sul ss.. Apesar do equívoco quanto à correlação das camadas de Santa Maria com as da Formação Rio do Rasto de Santa Catarina, o trabalho de Von HUENE & STAHLCKER é um dos mais importantes já realizados na área de Santa Maria e de grande valia para o conhecimento do Gondwana Superior do Rio Grande do Sul.

GORDON Jr. (1947), introduz a designação Formação Santa Maria, a qual considera uma unidade autônoma, ocupando posição basal na "Série" São Bento do Rio Grande do Sul, e guardando relações discordantes, no topo e na base, respectivamente com as formações Botucatu e Rio do Rasto.

GORDON Jr. & BROWN (1952), descrevem pela primeira vez alguns restos da chamada flora *Thinnfeldia-Dicroidium* encontrados em 1947 por GORDON Jr. e PRICE no afloramento do Passo das Tropas. Os espécimens foram correlacionados com flórlulas triássicas da África do Sul e Argentina.

BEURLIN et al. (1955) chamam a atenção para a dificuldade em se reconhecer, quando os fósseis estão ausentes, se as camadas de Santa Maria são um horizonte autônomo ou se não são mais que uma fácies local, intercalada no Botucatu.

PINTO (1955) noticia o encontro e descreve invertebrados (Insecta e Conchostraca) descobertos no afloramento do Passo das Tropas, assinalando a presença de outros gêneros da flora *Dicroidium*. Com base nestes fósseis, correlaciona a Formação Santa Maria com as camadas Molteno da África do Sul, Série Cacheuta da Argentina e Série Wianamatta da Austrália, mantendo a idade Triássico Superior, como anteriormente estabelecida por Von HUENE (1942).

GOÑI & DELANEY (1961) discorreram sobre a estratigrafia do Botucatu e suas relações com as formações adjacentes no Rio Grande do Sul e Uruguai, considerando o problema essencialmente sob o ponto de vista da distribuição de minerais pe-

sados. Sugeriram a existência de duas fácies mineralógicas nesta formação, às quais denominaram informalmente "fácies mineralógica A" e "fácies mineralógica B", sincrônicas em parte, guardando a Formação Santa Maria uma relação concordante, lateralmente, com a fácies A, e, verticalmente, com a fácies B.

DELANEY & GOÑI (1963) voltam a introduzir modificações na coluna do Gondwana Superior sul-riograndense. Propõem a Formação Rio Pardo, que suspeitavam ser equivalente ao Rio do Rasto de Santa Catarina, e, ao mesmo tempo, subdividem a Formação Santa Maria em duas unidades: Santa Maria Inferior e Santa Maria Superior. A primeira, com espessura de 120 a 160 m, constituída por arenitos com estratificações cruzadas e por folhelhos calcíferos vermelhos, portadores de répteis fósseis e vegetais da flora *Dicroidium*, a última, com espessura média de 75 m, constituída essencialmente de arenito avermelhado, friável.

BORTOLUZZI & BARBARENA (1967) reuniram informações a respeito da Formação Santa Maria numa publicação comemorativa do "Inst. International Symposium on the Gondwana Stratigraphy and Paleontology", discutindo aspectos relacionados com a estratigrafia, limites, e idade da Formação à luz de seu conteúdo fóssilífero. Concluíram pela idade Triássico Superior da mesma, referindo serem insuficientes os dados geológicos para possibilitar o estabelecimento da estratigrafia da formação. Os conceitos então emitidos são revisados no presente estudo, tanto no que concerne à subdivisão e relações de contato, quanto sobre a idade provável da Formação Santa Maria.

GAMERMANN (1970) propõe a Formação Rosário do Sul ss. que, na sua concepção, inclui duas fácies: uma inferior, de características fluviais e outra superior, lacustre, a que denomina "Fácies Santa Maria". Já discutimos as idéias deste autor, apresentando os motivos que nos levam a discordar do critério empregado para limitar a categoria da Formação Santa Maria.

Distribuição geográfica:

A delineação da faixa de exposição desta unidade se constitui num grande problema, dada a diversidade de concepções feitas sobre a Formação Santa Maria, por diferentes autores. Invariavelmente têm-se superestimado a sua zona de ocorrência, mesmo nos mapas geológicos mais recentes, pois dentro do escopo da formação inclui-se sedimentos que por um lado pertencem à Formação Rosário do Sul ss., e por outro à Formação Botucatu.

BORTOLUZZI & BARBARENA (op. cit.) procuraram restringir a extensão da área aflorante considerando como seguramente representativas da formação apenas aquelas exposições compreendidas dentro dos limites dos afloramentos tradicionais, i. é, São Pedro do Sul — Xiniquá, Santa Maria, Candelária e Santa Cruz.

O progresso dos estudos na região de Santa Maria, assim como as sucessivas viagens ao campo realizadas nos últimos anos pretemem-nos traçar, atualmente, um quadro mais real sobre este assunto. É fora de dúvida que a faixa de ocorrência se verifica numa extensão de aproximadamente 250 km em direção E-W, e que a amplitude da mesma é bastante reduzida na direção N-S, estando a zona de afloramento limitada a uma ou duas dezenas de quilômetros, partindo da escarpa da Serra Geral em direção à Depressão Central. A formação apresenta um padrão direcional regular segundo E-W, acompanhando o comportamento das demais camadas gonduânicas, enquanto esta direção geral é mantida; desaparece porém à oeste, no momento em que se verifica uma inflexão de todo o conjunto para SW, da mesma forma que à leste, onde diminui a amplitude da Depressão Central.

No leste do Estado, as primeiras manifestações da Formação podem ser observadas aproximadamente 5,5 km a oeste do cruzamento da estrada RS-4 (que da Vila Scharlau se dirige para Santa Maria) com a estrada que leva a Taquari. Prossegue aflorando persistentemente com direção E-W ao longo do traçado da RS-4 entre Venâncio Aires e Santa Cruz, sendo que nesta última região a presença de fósseis já havia sido assinalada por Von HUENE & STAHLCKER (1931). Recentemente novos exemplares foram coletados por BARBERENA (inf. verbal). Fósseis tem sido registrados também ao sul de Venâncio Aires, nas vizinhanças de Melos, evidenciando uma ampliação da faixa aflorante nesta região.

Seguindo de Santa Cruz em direção ao oeste do Estado, aparecem novos afloramentos na área de Vera Cruz, em exposições que se sucedem até Candelária. Aqui, na região conhecida como Vila Pinheiros, ocorrem talvez as mais sugestivas feições geomórficas associadas à Formação Santa Maria: ravinas profundas entalhadas em lamitos vermelhos, mostrando uma seqüência uniforme dos sedimentos maciços, ricos em restos reptilianos.

Prosseguindo no mesmo rumo, atinge-se a área de afloramentos de Santa Maria e, finalmente, os distritos fóssilíferos de São Pedro do Sul e Xini-

quá, respectivamente 46 km e 85 km a oeste de Santa Maria, ao longo da estrada Santa Maria-Uruguaiana.

Os reconhecimentos geológicos realizados na região situada entre Candelária e Camobi, e na área de Xiniquá, revelam alguma diferença na constituição litológica da formação, localmente mais sílica e apresentando intercalações arenosas. Abundantes restos reptilianos foram coletados por Von HUENE (1931) numa área situada entre os meridianos 54°47' e 54°28' de longitude oeste e os paralelos 29°45' e 29°38' de latitude sul, em uma série de sangas que formam as nascentes do arroio Jacaré, que corre em direção ao norte para se lançar no rio Toropí. A região é conhecida por Rincão do Colorado, sendo atingida por uma estrada que vai ao Passo do Pairé, no rio Toropí, partindo da estrada geral Santa Maria-Uruguaiana (BELTRÃO, 1965). Não são conhecidos afloramentos da formação à oeste da área em referência, sendo que na região de Jaguari já são observados contatos diretos entre a Formação Rosário do Sul ss. e a Formação Botucatu.

III.2.2.1. — A Formação Santa Maria na região de Santa Maria

Expressão dos afloramentos

Inúmeras são as exposições da Formação Santa Maria na área mapeada, via de regra ao longo de feições erosionais enraivadas, denominadas "sangas" (Foto nº 2).

RAMBO, S.J. (1956) discute a dinâmica do processo de formação de uma sanga, da mesma forma que BELTRÃO (1965), com relação a este aspecto e à origem do termo. As sangas são mais ou menos profundas e largas, dependendo da natureza do terreno, do seu período de existência e da relação com o nível base de erosão local — geralmente os arroios alimentadores dos rios maiores da região. A Foto nº 5 mostra uma destas feições. O aspecto aí representado é o normal para os afloramentos naturais da Formação Santa Maria, sendo facilmente identificáveis em fotografias aéreas. Não se trata, porém, de uma característica exclusiva desta formação, pois formas idênticas são observadas também na Formação Estrada Nova (regiões de Formigueiro e Tiarajú, por exemplo) e na Formação Rosário do Sul ss. No que se refere a esta última, cuja sedimentação é

essencialmente arenosa, as sangas são nitidamente mais rasas.

Estratigrafia da secção-tipo:

A Formação Santa Maria compreende "parte" sedimentitos tidos como das formações: Rio do Rasto de WHITE (1908); Rio do Rasto de Von HUENE & STAHLER (1931); Santa Maria de GORDON Jr. (1947); Santa Maria de BEURLEN et al. (1955); Santa Maria de GOÑI & DELANEY (1961); Santa Maria Superior de DELANEY & GOÑI (1963); Santa Maria de BORTOLUZZI & BARBERENA (1967) e Rosário do Sul de GAMERMAN (1970).

Distribuiu-se pelas porções central e centro-norte da faixa mapeada (Mapa nº 1), limitando-se ao sul e sudoeste, respectivamente, pela faixa de sedimentos recentes dos arroios das Tropas e Cadena; ao norte suas últimas exposições se verificam já bem próximas à escarpa da Serra Geral, sempre em contato com os sedimentos da fácies fluvial do Botucatu (Membro Caturrita).

Para representar a associação litológica que compõe a Formação Santa Maria, assim como suas relações de contato na área de sua secção-tipo, foi escolhido o trajeto da estrada Santa Maria-São Sepé, linha A-B, Mapa 1), que partindo do arroio Arenal vai até o corte da ferrovia da Vila Kennedy, no local conhecido como afloramento do Matadouro Municipal (secção anexa). A faixa aflorante da Formação Santa Maria está representada na secção N-S, no sentido do mergulho regional, distribuindo-se do arroio das Tropas até o corte da ferrovia, na Vila Kennedy.

É possível reconhecer, na área de Santa Maria, duas fácies distintas dentro desta formação: uma inferior, a qual passaremos a denominar "fácies Passo das Tropas" e outra superior, aqui denominada "fácies Alemôa". Estas unidades constituem a Formação Santa Maria da área-tipo.

III.2.2.2. — A fácies Passo das Tropas

Constituição

O pacote inferior da Formação Santa Maria é considerado como sendo formado pelo conjunto de sedimentitos areno-conglomeráticos, aos quais se associam clásticos finos vermelhos. Afloram desde as vizinhanças do Passo das Tropas, cerca de

7,5 km ao sul da cidade de Santa Maria, até o entroncamento da BR-158 com a estrada Santa Maria-São Sepé, ao longo desta última (seção anexa). GORDON Jr. (1947) já suspeitava ser este o conjunto basal da formação, não tendo entretanto conformado esta assertiva, visto não ter observado ali o contato com a unidade subjacente, então considerada como sendo a Formação Rio do Rasto. GORDON Jr. & BROWN (1952) compuseram uma seção do afloramento do Passo das Tropas, encontrando cerca de 18 m de sedimentos arenosos e conglomeráticos.

A seqüência que observamos neste afloramento apresenta um total de 23,0 m de sedimentitos sobrepostos por um solo argilo-arenoso com 2,3 a 3,0 m de espessura. Cortes recentes realizados no local, para a retificação do leito da estrada Santa Maria-São Sepé, permitem observar com clareza o complexo formado por esta sedimentação, que mostra a seguinte seqüência (Fig. 4):

1. Areias recentes, quartzosas, acinzentadas, grosseiras a finas, alvo argilosas, da planície do Arroio das Tropas na cota de 65,0 m.

2. Daí até a cota de 68,5 m aflora arenito amarelo com manchas avermelhadas, muito fino, argiloso, finamente estratificado, compacto, mergulhando 4° N. Este arenito pertence à Formação Rosário do Sul ss., que aflora extensamente ao sul do Arroio das Tropas; neste local, está em contato com sedimentitos arenosos que pertencem à fácies basal da Formação Santa Maria.

3. A partir de 68,5 m aparecem arenitos conglomeráticos vermelho-claros e amarelos, friáveis, feldspáticos, finos e grosseiros, com estratificações cruzadas do tipo irregular e planar (Foto nº 3) contendo seixos e grânulos de quartzo arredondados e clastos de argila e siltito em tonalidades de vermelho e púrpura, cujas dimensões alcançam desde alguns milímetros até vários centímetros, dispostas desordenadamente no interior da matriz arenosa. Na parte inferior deste corpo conglomerático, que alcança 5,0 a 6,0 m de espessura, encontram-se lentes de conglomerado, formados essencialmente de blocos irregulares de argila vermelha-púrpura e esbranquiçada, com até 50 cm de comprimento, imersos em matriz arenosa grosseira. As lentes alcançam espessura de até 1,5 m e eventualmente sobrepõem-se ou intercalam-se com níveis irregulares de argila vermelha à violácea, que incluem concreções limoníticas de até 10 cm de comprimento. Os clastos de argila, que ocasionalmente apresentam-se limonitizados, são ricamente fossilíferos, tendo sido neste local que GORDON Jr. e PRICE (apud. GORDON Jr. & BROWN, 1952) encontraram os primeiros restos fósseis da flora *Dicroidium* e

de onde PINTO (1955) descreveu os exemplares de conchostráceos e insetos da Formação Santa Maria.

4. Seguem-se 14,5 m de sedimentos assim distribuídos:

— 12,2 m de arenito conglomerático friável, vermelho-claro e escuro com salpicações brancas devidas à alteração dos feldspatos, com abundantes seixos de quartzo e pelotas de argila na parte média, rareando estes elementos no topo e na base. A diferença essencial entre este horizonte conglomerático e o anterior reside no fato que o primeiro apresenta lentes as vezes possantes no conglomerado, enquanto que no último os fragmentos de argila encontram-se em geral esparsos no interior da matriz arenosa. O arenito exhibe estratificações cruzadas do tipo planar-tabular (Foto nº 3) com "sets" apresentando 30 a 55 cm de espessura, estratos mergulhando 28° e 32° para NNW. Amostra de arenito coletada neste horizonte evidenciou classificação pobre, com média aritmética de 1,70 ϕ (0,31 mm).

— 1,0 m de siltito argiloso vermelho, que assenta sobre um canal escavado dos arenitos vermelhos, gradando inferior e superiormente para folhelho siltito.

— 1,3 m de conglomerado e arenito conglomerático, friável com estratificação cruzada planar, matriz predominante sobre os seixos de quartzo, siltito e argila.

5. Capeando este conjunto está um horizonte de solo areno-argiloso com 2,0 a 3,0 m de espessura.

Os clásticos grosseiros gradam lateral e verticalmente, em direção ao norte, para sedimentitos finos (Fig. 4). Os afloramentos observados a seguir são exclusivamente siltitos e folhelhos, que constituem a parte mais alta da fácies Passo das Tropas. Na altura do encontro das estradas de rodagem Santa Maria — São Sepé e Santa Maria — Júlio de Castilhos (BR-158), passam gradativamente aos lamitos com répteis da fácies superior. Os lutitos são silto-argilosos, laminados, vermelhos e púrpura, pouco fisséis com raros restos da flora *Dicroidium*. Afloram continuamente ao longo da estrada Santa Maria-São Sepé, tornando-se mais arenosos em alguns locais enquanto em outros, passam a típicos folhelhos. A presença de conchostráceos pode ser constatada em toda a seção; os restos vegetais, entretanto, ocorrem apenas localmente (Passo das Tropas e afloramento do Parque Don Antonio Reis).

Dentro da seqüência lutítica, os afloramentos mais significativos sob o ponto de vista fossilífero são: o do Grupo Escolar Zenir Aita e o do Par-

Fig. 4 — Afloramento do Passo das Tropas. Parte inferior da Formação Santa Maria, evidenciando os níveis conglomeráticos portadores de cláston de argila com restos vegetais da flora THINNFELDIA-DICROIDIUM.

que Dom Antonio Reis, ambos situados próximo ao contato com a fácies superior. Os sedimentitos que os constituem, e que serão descritos a seguir, representam o topo do pacote ora em discussão.

Afloramento do Grupo Escolar Zenir Aita (Fig. 5):

Inicia com 0,8 m de folhelhos marrom-avermelhados, entremeando bandas e lâminas de cor púrpura e chocolate; são silticos, algo micáceos e desagregam-se em blocos. É freqüente, nos planos de clivagem, a presença de um reticulado fino,

sugerindo feições de "syneresis". A atitude local indicou direção N 10 W e um mergulho de 2° a 4° para NE. Neste local, como em outros das proximidades, ocorrem pequenas falhas que perturbaram as camadas; estes valores, pois, não são representativos do mergulho real para a área. Os sedimentitos estão muito fraturados observando-se descoloramento das rochas ao longo dos planos de fratura. É comum a concorrência de conchostráceos e restos de peixes.

Segue-se um horizonte de 0,45 m de folhelho siltico, limonitizado nos 0,15 m inferiores, rico em conchostráceos, que grada para siltito vermelho-feruginoso e marrom a castanho; este horizonte é so-

Fig. 5: Sección colunar do afloramento do Grupo Escolar Zenir Aita, 500 m ao sul do cruzamento das estradas Santa Maria-São Sepé/Santa Maria-Júlio de Castilhos.

breposto por uma camada montmorilonítica com aproximadamente 2,0 m de espessura, constituída de folhelhos silticos vermelho-tijolo, localmente com manchas e bandas esbranquiçadas, apresentando tons violáceos em direção à base, pouco fisséis, desagregação em discos, muito ricos em Estheria. Segue-se um solo argilo-arenoso de cor amarela.

Não foi constatada a presença de restos vegetais nesta secção.

Afloramento do Parque Don Antônio Reis (Fig. 6):

Cerca de 500 m ao norte está situado o afloramento do Parque Don Antônio Reis, cujos sedimentitos constituem o capeamento de fácies Passo das Tropas e sobrepõem-se parcialmente aos do

Grupo Escolar Zenir Aita. Em virtude da similaridade dos folhelhos é difícil concluir que o sejam em toda a extensão.

Neste local o horizonte inferior é formado por um folhelho argiloso variegado, em tonalidades de verde, rosa e castanho, com manchas púrpura mais ou menos marcantes localmente. Trata-se de uma zona muito rica em restos vegetais que aparecem sob a forma de impressões de folhas e hastes de Coristospermáceas (Dicroidium) e restos de Esfenófitas (Neocalamites?). Abaixo do nível com vegetais aparece uma argila castanha e rosada, maciça, bentonítica, rica em espécimens de Estheria muito bem preservados, escamas de peixe e raros restos de vegetais.

Acima da zona rica em plantas assenta um folhelho-siltico cinza-violáceo com bandas esverdeadas, com Estheria e escassos restos de plantas.

Fig. 6: Secção colunar do afloramento do Parque Don Antonio Reis, próximo ao encontro das rodovias Santa Maria-São Sepé/Santa Maria-Júlio de Castilhos.

Neste horizonte foram encontrados, pelo Ir. DANIEL GARGNIN, peixes fossilizados completos, além de grande quantidade de escamas e restos esparços. A espessura é de aproximadamente 0,2 m. Segue-se uma camada argilosa creme-rosada de 02 m de espessura, laminada, com *Estheria*, impressões de folhas de *Dicroidium* e frutificações; e, finalmente, cerca de 2,5 m de sedimentitos vermelhos, silto-argilosos, micro-micáceos, raramente folheados (Foto nº 4), sobrepostos por um solo argiloso amarelo.

Tivemos oportunidade de registrar, ainda, a presença de plantas em sedimentos que afloram nas sangas que formam a drenagem do arroio Cancela, onde aparecem associadas a siltitos vermelhos, argilosos, com intercalações finas de siltitos brancos e de folhelhos vermelhos e cor de chocolate. Esta ocorrência está situada, estratigraficamente, pelo menos 8 metros abaixo do horizonte principal com vegetais do afloramento Don Antônio Reis, evidenciado uma repetição periódica destas ocorrências.

Em uma jazida de argila da Olaria Olinto Tomazetti, aparecem siltitos vermelhos e esbranquiçados com raros restos de vegetais (*Dicroidium* e *Neocalamites*) em cota superior ao nível de afloramento Don Antônio Reis. Observou-se também, neste local, algumas superfícies que mostram marcas provocadas pela chuva. Este afloramento está situado na encosta meridional do terreno Mariano da Rocha e é acessível por uma estrada particular que da olaria leva à jazida, 600 metros à leste.

Espessura:

Não foi possível determinar com exatidão a espessura da fácies Passo das Tropas. Deve-se ter como mínimo o valor de 23,0 m, que corresponde ao desnível entre os afloramentos mais inferiores (cota de 67 m), no vale do Arroio das Tropas, até o contato com o membro superior (na cota de 90 m, aproximadamente).

GORDON Jr. e BROWN (1952) referindo-se ao horizonte conglomerático com impressões de vegetais fósseis, da base da formação, dizem o seguinte: "as lentes de argila com plantas fósseis calcula-se estejam a cerca de 70 metros abaixo da camada vermelha com ossos, e isto está de acordo com relação ao mergulho regional da localidade de plantas".

Se tomarmos como válido, para a área, o valor proposto por MACHADO & CASTANHO (1956) de 7,0 a 9,0 m por quilômetro, para o mergulho regional, e considerando como 4 km a dis-

tância média entre o nível mais inferior e o mais superior, podemos admitir entre 30,0 a 35,0 m a espessura máxima da fácies Passo das Tropas, sendo sem dúvida excessiva a estimativa de GORDON Jr. & BROWN (op. cit).

III.2.2.3. — A fácies Alemôa

Constituição e espessura:

Prosseguindo em direção ao norte ao longo da seção-tipo (em anexo) observa-se a passagem dos sedimentitos argilosos, com restos de plantas, para as rochas maciças da parte superior da formação. Os sedimentitos desta fácies podem ser observados no prolongamento da estrada São Sepé-Santa Maria, no perímetro urbano da cidade (Rua Angelo Bolson), até alcançar o corte da ferrovia, na Vila Kennedy, passando pelo cemitério municipal. São constituídas essencialmente por siltitos-argilosos maciços (lamitos), vermelho-tijolo, calcíferos, algo micáceos, portadores de concreções calcíferas irregulares, em geral dispostas de maneira sub-horizontal. O caráter maciço e a constância de sua composição granulométrica (Tabela II) são, sem dúvida, as características mais conspíquas deste pacote. Não menos importante, contudo, é a presença de uma fauna reptiliana característica.

A litologia típica desta fácies começa a surgir pouco ao norte do Passo da Canela, à cota de 85 metros, defronte a instituição conhecida por "Lar das Vovozinhas". As relações de contato com a sequência inferior podem ser observadas na área enravizada constituída pela drenagem do arroio Cancela, delimitada por um lado pela BR-158 e, pelo outro, pela estrada Santa Maria-São Sepé. Deste local até o corte da ferrovia, na Vila Kennedy, onde está o contato superior, com sedimentitos da Formação Botucatu, a espessura do pacote é de 41,5 m, referidos em função do desnível entre os contatos.

Seções Locais:

a) Vila Kennedy (Foto nº 5)

O afloramento da Vila Kennedy (antigo Matadouro Municipal) apresenta uma das melhores exposições da fácies superior, exibindo os detalhes de sua litologia e as relações de contato com a formação sobrejacente (Fig. 7).

Da base para o topo do afloramento (cota

Fig. 7 — Corte da ferrovia, na Vila Kennedy (antigo Matadouro Municipal), mostrando a discordância entre a Formação Santa Maria e o Membro Caturrita, da Formação Botucatu.

115 m) temos um pacote de lamito vermelho vivo, com espessura local de 11,5 m. As análises granulométricas (Tabela II) mostram a predominância da fração silte grosso, com percentagens reduzidas de argila e areia muito fina. O referido pacote é completamente desprovido de feições de acamamento ou estratificação; sua homogeneidade é quebrada apenas pelos frequentes níveis de concreções calcíferas róseas, às vezes cinza-escuras a pretas, contendo proporções variáveis de clásticos finos, que podem atingir até 1,5 m de extensão por 10 cm de espessura. Dispõem-se de modo irregular no interior do lamito, ainda que se possa notar uma preferência para as posições horizontalizadas (Foto nº 6). Restos de saúrios estão frequentemente associados às concreções, especialmente às mais escuras. Quando lixiviadas, dão lugar a um resíduo silto-arenoso esbranquiçado, imitando a forma primitiva do corpo concrecionário, que se distingue da formação pela cor e pelo teor relativamente mais elevado de carbonato. Todo o conjunto está fissurado, podendo ocorrer um preenchimento das fraturas por calcita fibrosa, havendo normalmente descoramento do sedimento ao longo destas linhas. O lamito pros-

segue inferiormente até a cota de 97 m, no Vale do arroio Cadena. Neste local o autor teve oportunidade de encontrar um crânio de rincossau-ro; outros achados foram feitos, no mesmo sítio, pela equipe de Paleontologia de Vertebrados, do Departamento de Paleontologia do Instituto de Geociências da UFRGS, em sucessivas coletas.

Acima dos lamitos aparecem os arenitos sub-aquosos da parte inferior da Formação Botucatu, sendo o contato entre as duas unidades nitidamente discordante.

No domínio da fácies fluvial do Botucatu, aparece um conglomerado basal com espessura média de 80 cm, dos quais os 40 cm inferiores podem apresentar cor preta. Ao conglomeramento segue-se o corpo arenoso principal, com espessura de 13,5 metros; apresenta cor vermelho-púrpura com variações para vermelho-claro e amarelo ferrugem, cimento argiloso, friável, com estratificação de porte médio, tipo planar ou acanalada e microstratificação cruzada planar. A granulometria dos sedimentos basais do Botucatu está longe de ser regular, podendo os arenitos em curta distância passar de grosseiros a muito finos e mesmo para siltitos; estes aparecem em delgadas len-

tes, raramente mais espessas que 50 cm, em geral de cor púrpura. Quanto à composição, os sedimentitos arenosos são essencialmente quartzosos, aparecendo o feldspato como segundo mineral mais abundante; este apresenta-se já bastante alterado, em cores rosada e branca, emprestando à rocha um aspecto salpicado.

b) **Sanga Grande e Alemôa** (Figs. 8A - 8B).

As secções que comentaremos a seguir foram compostas ao longo de "sangas". Consideramos-as como representativas da fácies superior da Formação, tendo a designação desta sido tomada da região da Alemôa, onde a litologia é típica e são abundantes os fósseis.

Von HUENE & STAHLER (1931) realizaram minucioso trabalho estratigráfico nesses afloramentos fossilíferos, tendo assinalado os horizontes mais ricos em restos de répteis. Tendo em vista a importância desta zonação, especialmente para os paleontólogos, percorremos os mesmos itinerários e refizemos as secções propostas por aqueles autores.

A "Sanga Grande" é um dos principais afloramentos fossilíferos da região Santa-mariense. Situada na encosta NE do Cerriquito, apresenta maior desenvolvimento segundo esta mesma direção. Confirmando observações de von HUENE & STAHLER (op. cit., trad. de BELTRÃO & NEUMAYER, (1968) encontramos, desde a falda do Cerriquito (cota de 98 m) até o topo dessa elevação (cota de 177 m), 49 m de sedimentitos da Formação Santa Maria, sobrepostos por arenitos da Formação Botucatu, e estes, por balsos, que capeiam o Cerriquito.

A seqüência, é a que segue:

7,0 m de siltitos vermelhos, estratificados, arenosos, contendo restos de répteis; localmente, ocorre intercalação de arenito esbranquiçado.

42,0 m de lamito vermelho-claro, calcífero, contendo concreções calcárias claras e eventualmente pretas; restos de répteis — essencialmente Rincossauros — podem ser observados em vários níveis.

Contato do lamito com sedimentitos fluviais do Botucatu pode ser visto na estrada que passa ao sul do Cerriquito e leva à casa Guilherme Hübner, à cota de 147 m. Neste local aparece, na base da seqüência, um conglomerado com feições idênticas ao do afloramento da BR-158 (km 128), ao qual seguem-se arenitos finos a médios, amarelo-avermelhados, até a cota de 151 m. A partir desta altura o arenito passa a ser grosso, exibindo finas alternâncias com material argiloso.

Dos 155 aos 160 m aparece silito ver-

melho-vinho, localmente descorado, que passa a vermelho tijolo que está em contato com arenito com estratificação cruzada planar tabular.

Após um intervalo encoberto, surge um patamar na altura de 168 m, onde se observam os primeiros indícios de basalto. A 171 m aparece outro patamar, assinalando provavelmente novo derrame. No topo do Cerriquito, finalmente, aparece basalto "in situ".

O perfil da Sanga Grande se repete nas ravinas situadas um pouco mais a NW, no domínio da "Alemôa". Exemplo é o da sanga principal deste conjunto, cuja secção reproduzimos na Fig. 8-B (apud HUENE & STAHLER, op. cit.) e que interessa mais sob o ponto de vista da distribuição dos horizontes fossilíferos, uma vez que litologicamente é idêntico ao anterior. Na porção inferior da secção, aparece silito arenoso vermelho-tijolo a púrpura, com ossos esparsos, bem preservados, provavelmente de Cinodontes e Parasúquios. HUENE & STAHLER (op. cit.) referem-se ao achado de um ventifacto de uma aresta (einkanter) numa das ramificações da sanga principal, numa pequena lente de areia, sendo esta a única evidência de ventifactos já registrada na Formação Santa Maria. Este horizonte mais inferior mostra estratificação incipiente e, à semelhança do perfil da Sanga Grande, restos esparsos de répteis. Os lamitos típicos da formação iniciam da cota de 105 m, distribuindo-se até as 135 m de altura; nos 12-13 m inferiores pode-se encontrar concreções espalhadas, mas não há fósseis, sendo estes abundantes dali para cima, onde se distribuem em quatro horizontes preferenciais. Reproduziremos textualmente o que dizem a este respeito HUENE & STAHLER (op. cit.): "Marcamos o superior com 1 e o inferior com 4. Este, de menor espessura, fica a 118 m de altura; o 3 de 120 a 122 m de altura; o 2, de 124 a 127 m e o 1, de 130 a 132 m de altura. Não se deve pensar que entre estes horizontes não existam fósseis. Aparecem alguns, mas são abundantes nos quatro referidos horizontes. No de número 4, que é o mais inferior, existem esqueletos de Rincossauros articulados; no 3 são muito freqüentes incrustações mangânicas em torno dos ossos, assim como concreções calcárias; no 2, aparecem restos muito próximos uns dos outros e também esqueletos articulados de rincossauros; também no horizonte 1 existem concreções calcárias e restos de répteis soldados entre si".

Não se observa, na encosta E do Cerriquito, o contato entre os lamitos e os sedimentos da fácies fluvial do Botucatu; as rochas desta fácies, aliás, raramente afloram neste local; quando isto ocorre, mostram a mesma característica geral ob-

servada na área vizinha, da Sanga Grande. Da cota 162 m para cima aparece basalto. Não existe qualquer evidência de arenitos eólicos na região do Cerriquito.

c) **Secção Arroio Cancela até a km 128 da estrada Santa Maria-Júlio de Castilhos**

Esta secção foi levantada no trajeto que vai desde as "sangas" que constituem a drenagem do arroio Cancela (na cota de 85 m, aproximadamente), ao norte da BR-158, até o corte situado no km 128 desta mesma estrada, onde pode ser observado o contato dos sedimentitos da fácies Alemôa com arenitos basais do Botucatu.

Nas cotas mais baixas, no local, os lamitos da Formação Santa Maria passam a apresentar termos mais grosseiros, ocorrendo mesmo camada com espessura de 2,0 m de arenito muito fino, siltico, com cimento argiloso, avermelhado; passa a grosseiro no topo, onde a cor é amarelada e a superfície mostra feições erosionais alveoladas, enquanto grada para siltito vermelho, maciço, argiloso em direção à base. Tanto o arenito quanto o siltito apresentam concreções calcíferas muito arenosas, vermelhas quando rompidas, de formas esféricas ou elipsoidais, localmente com habitus melonar. O horizonte arenoso está em contato com lamitos típicos da fácies Alemôa. Consideramo-lo como constituinte da base desta unidade, visto estar muito próximo de afloramentos onde afloram folhelhos com restos da flora *Dicroidium*, característicos da fácies Passo das Tropas.

Subindo na coluna, em direção ao km 128, os lamitos vermelho-tijolo são calcíferos, apresentando concreções calcáreas rosa-claro a escuro de formas irregulares, algumas medindo até 60 cm na maior dimensão. Superiormente as concreções passam a apresentar maior proporção de silte e areia, são de tamanho reduzido (5 a 10 cm), inicialmente esparsas, porém vão se tornando mais frequentes em direção ao topo até formarem níveis descontínuos que se interdigitam.

Na cota de 135 m aparece o contato entre a Formação Santa Maria e o Botucatu, tendo sido medidos, conseqüentemente, 50,0 m de sedimentitos pertencentes à fácies Alemôa.

d) **Secção E-W, desde a Estrada Santa Maria-São Sepé, 150 m ao sul do Cruzamento com a BR-158 até o topo do Cerro M. da Rocha**

A presente secção (Fig. 9) compreende o conjunto de sedimentitos aflorantes ao longo da linha C-D (Mapa 1) que vai da estrada Santa Maria-São Sepé, 150 m ao sul do entroncamento com a BR-158, até o topo do Cerro Mariano da Rocha, passando pelo Seminário São José.

Inicia na cota de 78 m, em sedimentitos da fácies Passo das Tropas. São 3,5 m de folhelhos vermelhos, claros e escuros, que passam lateral e verticalmente a violáceos, com boa laminação, micromicáceos, fossilíferos (*Estheria* e vegetais da flora *Dicroidium*). Detalhe deste horizonte é apresentado na Fig. 6. Seguem-se 2 m de folhelhos pardacentos, rosa-claros quando alterados, físeis, micáceos, extremamente ricos em estérias. Acima destes folhelhos assentam, concordantemente, sedimentitos da fácies Alemôa, compreendendo siltitos vermelho-tijolo, localmente descolorados, com estratificação incipiente na porção mais inferior. Não é muito marcante, aliás, a diferença entre este horizonte e o subjacente, nos primeiros metros desta secção. É de se supor que os folhelhos apresentam espessura maior do que referimos acima, porém as condições locais não permitem que se trace com exatidão a linha de contato. Os lamitos distribuem-se entre as cotas de 83,5 e 110,5 m e não foram encontrados fósseis neste trajeto.

A partir desta última cota até os 120 m, que é a cota do Seminário São José, a cobertura de solo não permite a visualização das litologias. Logo acima do seminário, entretanto, voltam a aflorar os lamitos vermelho-tijolo da fácies Alemôa; localmente são arenosos, com grãos médios a finos de areia dispersos na massa siltosa e a coloração é uniforme. Neste local o Ir. Daniel Cargnin (inf. verbal) encontrou restos de rincosáurios. Alguns metros acima (3 a 4 m) o lamito torna-se mais fino, essencialmente argiloso, sem grãos de areia. Não ocorrem mais boas exposições acima da cota de 124 m, porém este sedimentito se distribui até a cota de 140 m. Esta é a maior espessura registrada para a fácies superior da formação na área de Santa Maria, ou seja, 55 metros.

Seguindo-se em direção ao topo do Cerro Mariano da Rocha, a cobertura vegetal e de solo torna cada vez mais difícil a observação. Não existem afloramentos até a cota de 162 m. Nesta altura, aflora, no flanco leste do morro, 3 m de arenito muito fino, amarelo e avermelhado, bastante al-

Fig. 9: Secção E-W (C-D, Mapa nº 1), desde a estrada Santa Maria-São Sepé, próximo ao cruzamento com a BR-158, até o tópo do Cêro Mariano da Rocha.

terado no local; abaixo do arenito está um horizonte de folhelho siltico, vermelho com faixas delgadas cor de chocolate, cuja espessura não ultrapassa 0,5 m. Estes sedimentitos pertencem, já, à fácies fluvial da Formação Botucatu.

Ainda contornando o morro, observa-se que dos 165 aos 172 m ocorrem novamente folhelhos silticos vermelhos, algo micáceos, que gradam para siltitos argilosos ou à arenitos muito finos, vermelhos, sem estratificação aparente. Após mais um intervalo encoberto, retornam os siltitos vermelhos entre as cotas de 175-182 m.

De 182 m a 207 m, aparecem arenitos maciços, muito finos, vermelho-claros com pontuações brancas devidas a feldspatos caolinizados. A partir da cota de 185 m, começam a ocorrer troncos de madeira silificada esparsos pelo terreno. Esta ocorrência está, portanto, no mínimo 50 m mais alta que a do Grupo Escolar Xavier da Rocha, onde os troncos são encontrados "in situ".

Não ocorrem afloramentos até os 240 m de altura, quando então já começam os basaltos. Não foi constatada a presença de arenitos eólicos da Formação Botucatu; isto não significa

que não possam estar presentes no intervalo em que a cobertura de solo não permite determinar qual o tipo de sedimento subjacente. Considerando, entretanto, que o contato entre o basalto e o arenito eólico sempre exhibe uma feição escarpada característica, (que não ocorre neste local, apesar de presente no Cerrito adjacente, onde há 6 m deste sedimento) somos forçados a aceitar sua ausência no cerro Mariano da Rocha, pois não ocorrem sequer fragmentos desta litologia na zona do provável contato. A espessura total do basalto, aqui, não é superior a 6 m, sendo a última exposição de rochas de derrame para o quadrante sul da área que é o objeto deste estudo.

III.2.2.4. — Estruturas

A Formação Santa Maria é pobre em elementos estruturais primários, sendo este justamente um dos aspectos que a particulariza, especialmente no

que se relaciona à fácies Alemôa, maciça e de coloração uniforme e que constitui a parte mais significativa dessa unidade. Os arenitos da fácies basal, por seu turno, apresentam estratificações cruzadas planares (Foto nº 2) e de canal, caracterizando o ambiente fluvial do qual derivaram.

Estruturas secundárias aparecem dispersas no lamito com répteis sob a forma de veios e corpos concrecionários calcíferos, muito silticos, estabelecidos às vezes em torno de núcleos formados por fragmentos de ossos. Geralmente, contudo, as concreções não apresentam nenhuma vinculação com centro de crescimento, sendo simplesmente o resultado da segregação de cálcio do lamito e precipitação de carbonato em vazios da rocha. Por esta razão, ainda que localmente se possa observar uma preferência à disposição horizontalizada, o mais comum é que estas estruturas se distribuam em qualquer direção no interior do corpo de lamito.

III.2.2.5. — Espessura total da Formação Santa Maria

Conclui-se, do exposto, que a Formação Santa Maria apresenta, na área de sua secção-tipo, espessura da ordem de 80 m, compreendendo cerca de 25 m da fácies Passo das Tropas, incluindo conglomerados, arenitos, siltitos e folhelhos com fósseis vegetais e de 50 m a 55 m de lamitos vermelhos, homogêneos, com restos de répteis fósseis, da fácies Alemôa.

III.2.2.6. — Relações estratigráficas

A formação tem-se revelado fértil em sugerir hipóteses quanto às suas relações de contato com as unidades sub e sobre-jacentes.

WHITE (1908) ao estabelecer a estratigrafia da "Série" São Bento para a Bacia do Paraná, colocou em sua base as "camadas vermelhas do Rio do Rasto" nas quais incluiu, entre outras, a Formação Santa Maria. Todo o conjunto era referido ao Triássico, não tendo esse autor apontado descontinuidade entre a sedimentação Rio do Rasto e as unidades inferior e superiormente situadas.

OLIVEIRA (1927 e 1930) e DU TOIT (1927), à maneira de White, não fizeram distinção entre uma e outra unidades.

Von HUENE & STAHLECKER (1931) novamente seguiram a concepção de WHITE (op. cit.) no que diz respeito ao Rio do Rasto. Em dois lugares no Rio Grande do Sul, observaram o contato do "Arenito São Bento" com as "camadas do Rio do Rasto": num corte ferroviário a uns 11 km a oeste de Jaguari, onde ocorre "Arenito São Bento" amarelo em discordância e mostrando contato ondulado sobre arenito da Formação Rio do Rasto. O segundo local se encontra perto do divisor d'água, na estrada de ferro, perto de Sant'Anna. Estes contatos, como se pode deduzir, não estão diretamente relacionados com a Formação Santa Maria, pois esta não está presente nessa região do Estado. Existe, entretanto, outra referência dos autores em pauta, sobre o contato observado ao longo da "linha da Serra" (trecho ferroviário Santa Maria-Passo Fundo) às vizinhanças do cerro Santa Maria, "onde se vê arenito São Bento avermelhado jazendo sobre argila vermelha da Formação Rio do Rasto, com pequena interrupção e mostrando disposição horizontal no flanco sul do afloramento". Deduzimos estar esse contato no sopé do cerro de Santa Maria, onde atualmente está situada a praça triangular do Bairro Itararé, na parte norte da cidade de Santa Maria. No mesmo local pode-se observar um contato falhado entre arenitos da fácies eólica e clásticos finos da fácies fluvial da Formação Botucatu.

Depreende-se, do exposto, que Von HUENE & STAHLECKER (op. cit.) admitiam a existência de uma discordância entre o "Arenito São Bento" e as "Camadas do Rio do Rasto". Esta relação, entretanto, verificar-se-ia, em nosso entender, entre o Botucatu ss. e a fácies fluvial subjacente, esta englobada por aqueles autores do Rio do Rasto, enquanto consideramos a parte da formação Botucatu. Por outro lado, nas regiões de Jaguari e Santana do Livramento, observamos que o contato se verifica entre o Botucatu, ali representado por sua fácies eólica, e a Formação Rosário do Sul ss..

GORDON Jr. (1947), refere-se da seguinte forma quanto ao contato da Formação Santa Maria com as camadas subjacentes, na área da secção-tipo: "As camadas basais da Formação consistem de folhelhos cinza, arenitos faldspáticos e conglomerados. Estão expostas na rodovia São Sepé-Caçapava, no Passo das Tropas, Município de Santa Maria. O contato com a Formação Rio do Rasto, subjacente, não foi observado". É evidente aqui, o equívoco de GORDON Jr. quanto a localização do afloramento do Passo das Tropas, situado na estrada Santa Maria-São Sepé, e não na rodovia que desta última cidade leva a Caçapava.

Quanto ao contato superior, acrescenta GOR-

DON Jr. (op. cit.): "A discordância na base do Botucatu é a mais proeminente nesta secção. Na única localidade onde a Formação foi observada sobreposta à Formação Santa Maria num corte da viação férrea, 3,5 km aproximadamente ao norte de Santa Maria — os arenitos com estratificação cruzada de deposição eólica, do Botucatu, jazem sobre os arenitos com estratificação cruzada de deposição aquosa da Formação Santa Maria, sendo ondulado o plano de separação entre os dois".

Note-se que a referência acima está relacionada com o contato entre o que estamos aqui tratando, respectivamente, de fácies eólica e fácies fluvial do Botucatu. Não conseguimos localizar o sítio assinalado por este autor, a fim de observar as relações apontadas.

BEURLIN, SENA SOB^o & MARTINS (1955) chegam a duas interpretações prováveis a respeito das relações entre Botucatu e Santa Maria: ou as camadas Santa Maria constituem um horizonte estratigraficamente autônomo, formado num clima semi-árido, de chuvas e secas, anterior ao período de clima árido que caracteriza o Arenito Botucatu; ou bem constitui uma fácies local da zona úmida, de oásis, dentro de uma região de clima extremamente árido, desértico, que representa do Botucatu. Para aqueles autores, parece mais plausível a segunda interpretação, que seria corroborada por "uma ocorrência análoga na área de Rio Claro, Estado de São Paulo, onde foram verificados, nos arenitos, intercalações de argila encerrando crustáceos filópodos descritos por ALMEIDA (1950)".

Ainda que ambas interpretações sejam plausíveis, colocamo-nos entre os que admitem a primeira possibilidade ou seja, de que a Formação Santa Maria seja uma unidade estratigraficamente autônoma.

A análise destas opiniões, aliadas às nossas observações de campo, permite-nos concluir pela autonomia da Formação Santa Maria sob o ponto de vista estratigráfico.

O Contato Inferior

A consideração a respeito das relações entre a Formação Santa Maria e a Formação Rosário do Sul ss., na fase atual dos conhecimentos sobre o assunto, somente pode ser discutida sob o ponto de vista geológico, pois não se dispõe, até o momento, de informações paleontológicas que nos permitam comparar as idades relativas das duas unidades. Os únicos fósseis conhecidos da Formação Rosário do Sul ss., são escassos restos silicificados de vegetais, cujo estudo ainda está por ser

feito. É notória, por outro lado, a dificuldade com que sempre têm se defrontado os geólogos que atuam na Bacia do Paraná, de vislumbrar as relações de contato entre as unidades lito-estratigráficas que compõem a sua coluna, dificuldade esta inerente à evolução da própria bacia, de características nitidamente continentais. Esta situação, aliada à falta de fósseis index, têm levado os estudiosos a considerar como contínua e ininterrupta uma seqüência de sedimentos que localmente ultrapassa a espessura de 4.500 m, tudo isto colocado dentro de um lapso de tempo geológico relativamente curto, que medeia entre o Permiano e o Cretáceo. Não fosse isto suficiente, há que se considerar, ainda, que a sedimentação de grande parte da seqüência é essencialmente fina, derivada de áreas-fonte distantes da bacia de acumulação ou, se próximas, de relevo pouco significativo. Se as dificuldades ora apontadas são válidas alhures, muito mais o são no Rio Grande do Sul, especialmente no que se refere ao contacto ora em discussão.

O problema aqui se reveste de características especiais, pois trata-se de um contato entre duas formações de caráter continental, ambas de fácies oxidada, sugerindo a evolução de um processo contínuo de sedimentação.

Já referimos, anteriormente, que ao procurarmos estabelecer a secção-tipo da Formação Santa Maria, partimos dos sedimentos típicos da Formação Rosário do Sul ss., ao sul, os quais afloram continuamente até a região do Passo das Tropas. Neste local (Fig. 4), sobre a formação Rosário do Sul ss. aparecem os conglomerados e arenitos da fácies Passo das Tropas que, pouco mais acima, passam a siltitos com vegetais da flora *Dicrodium*. A região focalizada representa, em nosso entender, a passagem da sedimentação eminentemente arenosa da Formação Rosário do Sul ss. para a areno-silto-argilosa da Formação Santa Maria. Não se pode deixar de estranhar, entretanto, a presença local do conjunto conglomerático próximo à base da última, sugerindo uma eventual discordância com arenitos finos, argilosos, amarelos, da Formação Rosário do Sul ss. É difícil afirmar, contudo, se este arenito pertence a parte mais superior desta formação. A presença de clásticos grosseiros na base da Formação Santa Maria, tais como os conglomerados à base de clastos de siltito e argila, somente pode ser interpretada admitindo-se a presença de um curso d'água que desembocava no lago Santa Maria. O tipo de estratificação cruzada planar-tabular apresentada pelos arenitos, aliás, é considerada por Mac KEE (1962) como normal para os casos em que "a carga sus-

pensa é depositada pelo rápido decréscimo da velocidade das correntes e um abrupto aumento da profundidade das águas". Tais condições são desenvolvidas em fronts de deltas e planícies aluviais, dentre outros ambientes continentais. Por ocasião das estações chuvosas, os rios adquirem maior competência, carregando grânulos e seixos de quartzo, ao mesmo tempo que trabalham, nas regiões marginais do lago, os sedimentos mais finos, onde as condições são propícias ao desenvolvimento de uma vegetação. A sua remoção e aglomeração, juntamente com areia, seixos e grânulos, acarretou a formação dos bolsões irregulares de conglomerado do Passo das Tropas.

Neste sentido, consideramos a Formação Santa Maria como uma unidade regressiva com relação à Rosário do Sul ss. e com todas as unidades anteriores, sendo o resultado final de um processo gradual de assoreamento da bacia, somente revivido ainda, no âmbito sub-aquoso, em condições locais, como as que representam a sedimentação fluvial da base do Botucatu.

Observações efetuadas em regiões situadas fora da área mapeada parecem confirmar a passagem gradativa de uma para outra unidade. A medida que se sobe no nível estratigráfico da Formação Rosário do Sul ss., a sedimentação torna-se mais fina, quer no sentido vertical, quer no lateral. Deste modo, em certos locais, a parte superior arenosa de Rosário do Sul ss. interdigita-se com siltitos basais da Formação Santa Maria, evidenciando um sincronismo deposicional e uma co-existência dos regimes fluvial e lacustre pelo menos durante o período inicial do processo de sedimentação desta última. Isto é o que se observa, por exemplo, na rodovia Santa Maria-Candelária, nas proximidades da Vila Rosa e dali para o Este, até as últimas exposições da formação neste quadrante.

O Contato Superior:

Existe, em Santa Maria, uma discordância separando os lamitos fossilíferos da Formação Santa Maria dos sedimentos flúvio-lacustres da Formação Botucatu. A presença desta superfície, que representa um hiato entre uma e outra sedimentação, pode ser observada em vários afloramentos da área mapeada.

O afloramento do corte ferroviário da Vila Kennedy, ao norte da cidade, exhibe com clareza esta feição, ali caracterizada por uma superfície ondulada que marca o limite entre as duas formações (Foto nº 5; Fig. 7). Da base do corte,

no nível da estrada de ferro (cota de 115 m), até a cota de 126,5 m, ocorre lamito vermelho. O sedimentito é fortemente fraturado, ocorrendo normalmente calcita fibrosa cinza-escura ao longo dos planos de fratura; a extensão dos veios pode atingir até 0,5 cm por 1,0 cm de largura, dispondo-se os mesmos ao acaso dentro da massa do lamito. Em direção ao contato, pode-se observar algumas feições interessantes na parte superior do corpo do lamito, que termina por apresentar um nível irregular de uma lama orgânica (análises de combustão revelaram a presença de 5% de matéria orgânica) de cor preta, com espessura de até 0,1 m; segue-se um horizonte de lamito descorado com espessura média de 0,3 m, apresentando matizes de púrpura e cinza. O descoramento de sedimento foi certamente devido à redução por matéria orgânica, o que sugere a presença de um solo fóssil pré-Botucatu. Esta situação, aliás, repete-se de forma análoga no corte da estrada BR-158, que descreveremos oportunamente. O horizonte descorado delinea perfeitamente a superfície de discordância, acompanhando suas ondulações (Foto nº 5). A partir deste nível, surge um conglomerado com matriz arenosa que inclui seixos e grânulos de quartzo, e fragmentos de lamito púrpura e vermelho, alongados, irregulares, distribuídos ao acaso no interior da massa arenosa. A espessura média é de 0,8 m, porém pode variar para mais ou menos em distâncias reduzidas, da mesma forma que as quantidades relativas de seixos de quartzo e galhas de argila. Em geral, cerca de 0,4 m deste conglomerado pode apresentar coloração escura, derivada da presença de matéria orgânica, invertendo portanto a posição do horizonte anteriormente referido com relação ao lamito.

Segue-se um corpo arenoso com espessura máxima de 13,0 m, incluindo intercalações delgadas de siltitos. O arenito é predominantemente fino a muito fino (Tabela III, Amostras Bof-17 e Bof-1 a 7), incluindo porém grãos grosseiros a muito grosseiros que podem localmente tornar-se predominantes. A cor é em geral púrpura, passando a vermelho-claro ou amarelo-ferrugem quando alterado; as estratificações são cruzadas, do tipo produzido por correntes, e de pequena amplitude (micro-estratificação cruzada); localmente aparecem estratificações planares ou acanaladas. O arenito é muito feldspático, estando o mineral em adiantado estado de alteração, o que empresta à rocha um aspecto salpicado. Entremeados ao arenito aparecem lentes delgadas de clásticos mais finos, púrpura-escuros; raramente são mais extensas que 1,0 m, ainda que as vezes possam alcançar algumas dezenas de metros. Na parte superior deste corpo

arenoso, já próximo ao topo do morro, aparecem blocos (com até 0,3 m na maior dimensão) de lamito, dispostos em níveis mais ou menos regulares. No horizonte de solo aparecem troncos silicificados, que aparecem "in situ" num corte situado cerca de 500 m a oeste, da mesma forma que no afloramento do Grupo Escolar Dr. Xavier da Rocha. A sedimentação arenosa que acabamos de referir, situada acima da superfície de discordância, pertence à parte basal da Formação Botucatu, na região de Santa Maria.

Situação análoga à que se verifica no corte da ferrovia da Vila Kennedy, ocorre no km 128 da estrada federal BR-158 (Fig. 10 e Foto nº 7), na Sanga Ribas (Fig. 14) e na estrada de rodagem Santa Maria-São Martinho (Fig. 15).

A repetição deste aspeto em vários locais (por vezes afastados entre si de vários quilômetros), colocando em contato invariavelmente dois tipos litológicos distintos, mas bem caracterizados dentro das respectivas unidades estratigráficas, evidencia uma discordância do tipo erosional. O hiato não pode ser determinado por faltar, no momento, dado paleontológico que permita precisar o tempo envolvido. O estudo dos fósseis dos sedimentitos fluviais do Botucatu, como é o caso dos troncos silicificados encontrados no afloramento do Grupo Escolar Xavier da Rocha e dos conchostráceos que ocorrem na parte superior desta fácies (no afloramento do Belvédere, situado na estrada Santa Maria-Júlio de Castilhos, na subida da Serra), deverá lançar alguma luz sobre o problema. Estudo da fáunula de conchostráceos realizado por KATOO (1971) evidenciou a presença de representantes do Triássico Superior; caso estas determinações sejam confirmadas, o intervalo de tempo implicado na discordância é reduzido. Deve-se

ressaltar, entretanto, que a natureza destes fósseis, assim como os troncos silicificados, não se prestam à utilização como fósseis index, pois via de regra apresentam ampla distribuição vertical.

Na região leste do Estado, pode-se observar novo contato discordante na rodovia RS-4, km a leste de Santa Cruz do Sul e 3 km a oeste da Vila Pinheiral, numa curva da estrada, ao lado direito de quem se dirige para Venâncio Aires. Neste local observa-se um contato nítido, irregular, entre os lamitos da Formação Santa Maria e os sedimentitos da fácies eólica do Botucatu. Não estão presentes os arenitos da fácies fluvial.

Prosseguindo por esta estrada em direção a Montenegro aparece, num corte da estrada de rodagem, mais uma vez o contato entre estas duas unidades. Apesar da zona de contato encontrar-se intemperizada, a feição é sugestiva de contato discordante. Isto ocorre cerca de 10 km a leste de Porto Mariante, localidade situada às margens do Rio Taquari, no local denominado Vila Amoras.

Conforme já vimos, a formação não mais ocorre, pelo menos com as suas fácies típicas, no extremo leste do Estado, a partir do meridiano 51°50' de longitude Oeste, que passa aproximadamente 35 km a oeste de Montenegro. Daí para Leste somente ocorre a Formação Rosário do Sul ss., entre o Passa Dois e a Formação Botucatu, esta última representada pela fácies eólica.

Na região de Porto Blós, às vizinhanças da cidade de Campo Bom, a leste de Novo Hamburgo, ocorre um contato entre o Botucatu e a Formação Rosário do Sul ss.. O Botucatu apresenta um conglomerado com seixos de quartzo na sua parte basal, e um nítido contraste, litológico e estrutural, com a formação subjacente, reforçando

Fig. 10 — Corte da rodovia BR-158 (km 128) representando parte do afloramento onde pode-se observar a discordância entre a Formação Santa Maria e o Membro Caturrita da Formação Botucatu. Acima da superfície de discordância aparece um conglomerado de base, sobreposto por arenitos com estratificações cruzadas acanaladas.

a tese de uma discordância generalizada entre os dois tratos sedimentares através de todo o Rio Grande do Sul.

As observações realizadas na faixa de afloramentos situada a oeste de Santa Maria são escassas. A opinião de Von HUENE & STAHLER (op. cit., trad. BELTRÃO & NEUMAIER, 1968) com relação aos contatos nas regiões de Jaguari e Santana do Livramento é muito valiosa, apesar da breve estada daqueles autores por aquelas áreas. Sobre o assunto, assim se referem os citados pesquisadores: "Em dois outros lugares podemos observar o contato do arenito São Bento com a Formação Rio do Rasto, num corte ferroviário, a uns 11 km a W de Jaguari, onde ocorre arenito amarelo, São Bento, em discordância sobre arenito vermelho da Formação Rio do Rasto, e nas imediações de Livramento, ao lado da ferrovia e próximo ao divisor de águas".

O autor teve oportunidade de percorrer essas regiões, em viagens de reconhecimento. O que pôde observar, partindo de Livramento pela BR-293, em direção a Rosário do Sul, é que cerca de 12 km a NE daquela cidade, no lado esquerdo da estrada, ocorrem intercalações de folhelhos siltíticos em arenitos com estratificações cruzadas de grande porte, de ambiente eólico; 12 km adiante novamente ocorre uma camada de siltito vermelho intercalada entre dois pacotes de arenito com estratificações cruzadas de grande amplitude. Esta situação se repete, com as mesmas características, até a altura do Cerro Paloma quando, finalmente, os sedimentos passam a apresentar um caráter nitidamente fluvial e/ou de planície de inundação. Esta sedimentação já é típica da Formação Rosário do Sul ss. e prossegue, a partir daí, ininterruptamente até a cidade de Rosário do Sul. Nada evidenciou, nesta área, a presença de uma discordância entre as formações Rosário do Sul ss. e Botucatu. Seria temerário, porém, com base em rápidas observações de campo e nas evidências anteriormente apontadas, afirmar que o contato entre as duas formações é ali gradativo.

III.2.2.7. — Caracterização sedimentológica da Formação Santa Maria

A Tabela II dispõe os resultados das análises granulométricas de amostras dos lamitos da Formação Santa Maria.

Os valores máximo e mínimo para o diâmetro médio (Md) situam-se respectivamente em 5,55 ϕ (silte médio) e 4,85 ϕ (silte grosso), sendo que a média para o total das amostras está situada em 5,25 ϕ (silte médio).

Os valores do diâmetro médio aritmético (Mz), de modo similar ao que se observa na Formação Rosário do Sul ss., apresentam uma diferença numérica significativa com relação à mediana e à classe modal dominante, evidenciando um afastamento do padrão normal de curva granulométrica acumulativa (Fig. 10).

A classe modal principal se situa no intervalo 4-5 ϕ (silte grosso). Todas as amostras são constituídas por 5 ou mais classes textuais, acusando uma classificação pobre a muito pobre, confirmando os valores encontrados para o desvio padrão (I).

A Fig. 11 apresenta as curvas acumulativas e os respectivos histogramas, evidenciando um comportamento uniforme dos sedimentitos.

A distribuição granulométrica se verifica nitidamente para o lado dos finos, com valores muito positivos da assimetria.

As variações dos valores da curtosis ($K_G - K'_G$) podem ser observadas na Tabela II, notando-se a presença de 2 curvas leptocúrticas, 2 platicúrticas e 1 mesocúrtica. O estudo mineralógico das argilas revelou a predominância nítida da MONTMORILONITA, aparecendo secundariamente a ILITA e camada mista ILITA-MONTMORILONITA (10-14M).

Fig. 11 — Histogramas e curvas acumulativas de lamitos da Formação Santa Maria.

T A B E L A I I
PARÂMETROS GRANULOMÉTRICOS CORRESPONDENTES
AOS LAMITOS DA FORMAÇÃO SANTA MARIA

AMOSTRA Nº	MEDIANA (Md)		MÉDIA ARIT. (Mz)		DESV. PADRÃO (I)	ASSIMETRIA (SK) I	CURT. GRAF. (K) G	CURT. SIMPL. (K') G	LOCALIZAÇÃO
	Ø	mm	Ø	mm					
SM — 1	5,15	0,0282	6,26	0,0130	2,57	0,465	1,03	0,50	Seminário São José
SM — 2	4,85	0,0347	5,48	0,0224	1,72	0,663	1,38	0,57	Sanga de Madeira
SM — 3	5,20	0,0272	5,07	0,0298	1,65	0,610	1,37	0,58	Vila Kennedy
SM — 4	5,55	0,0213	6,63	0,0101	2,34	0,573	0,76	0,43	Sanga Ribas
SM — 5	5,50	0,0221	6,51	0,0110	2,27	0,586	0,75	0,42	Vila Kennedy

III.2.2.8. — Paleontologia

Os restos animais da Formação Santa Maria são tipicamente triássicos, sendo esta a única ocorrência comprovada de fósseis desta idade dentre as formações gonduânicas da Bacia do Paraná.

Os estudos faunísticos foram iniciados por WOODWARD (1903a, 1902b, 1907) quando descobriu restos reptilianos descobertos por J. FISCHER, em 1902, nos jazigos da Alemôa, o que resultou na determinação do primeiro réptil terrestre da América do Sul. O espécimen recebeu a denominação de *Scaphonix fischeri*, em homenagem ao descobridor dos restos.

Seguiram-se estudos de Von HUENE (1939a, 1939b, 1942, 1945), PRICE (1946), ROMER & PRICE (1947), COLBERT (1952, 1963, 1970) e COX (1965), dentre outros.

BELTRÃO (1965) realizou um levantamento detalhado das informações paleontológicas ligadas à Formação Santa Maria, tendo ordenado sistematicamente os espécimens. É sobretudo com base neste trabalho que relacionaremos os fósseis representativos desta unidade na região de Santa Maria.

a) Vertebrados:

A fauna reptiliana apresenta várias formações exclusivas, tendo sido descritos os seguintes espécimens: *Hoplosuchus raui* HUENE, gen. et. nov. (afloramento da Alemôa) *Rauisuchus tiradentes* HUENE, gen. et. sp. nov. (Sanga Tiradentes); *Rhadinosuchus gracilis* (HUENE, gen. et. sp. nov. (afloramento São José); *Cerritosaurus binsfeldi* PRICE (Cerrito); *Cephalonia lotzina* HUENE; gen. et. sp. nov. (afloramento da Alemôa); *Scaphonix fischeri* WOODWARD, gen. et. sp. nov. (afloramento da Alemôa); *Gonphodontosuchus brasiliensis* HUENE, gen. et. nov. (afloramento da Alemôa) e *Staurikosaurus pricei* COLBERT, gen. et. sp. nov. (Sanga Grande).

Apesar da variedade relativamente grande de grupos, a grande percentagem dos fósseis encontrados refere-se aos RHYNCHOSAURIDAE. Os animais podem ser encontrados com as peças do esqueleto agrupadas ou isoladas, sendo este último caso mais freqüente na base do corpo lamítico da fácies Alemôa.

Além das formas assinaladas, toda uma série tem sido descrita nas regiões de Xiniquá-São Pedro do Sul e Candelária (Pinheiros), represen-

tativas dos seguintes grupos: COTYLOSAURIA (Procolophonidae), DICYNODONTIA, CYNNODONTIA, PSEUDOSUCHIA e SAURISCHIA. Não foram encontrados, até o momento, RYNCOCEPHALIA nos afloramentos de Xiniquá-São Pedro e Candelária, enquanto inexistem DICYNODONTIA em Santa Maria.

b) Invertebrados:

Os invertebrados até o momento descritos foram encontrados apenas na parte inferior da Formação encontrados apenas na parte inferior da formação associados com vegetais da flora *Dicroidium*.

PINTO (1965) classificou os seguintes espécimens: *Estheriina* sp. PINTO, *Estherites wianamanensis* (MITCHELL), *Euestheria azambujai* PINTO, sp. nov. e *Sanctipaulus mendesi* PINTO, novo gênero de inseto, todos do afloramento Passo das Tropas.

KATOO (1971) realiza revisão da fauna descrita, atribuindo nova classificação genérica para *Euestheria* e *Estherites*, agora classificadas respectivamente como *Pseudoestheria azambujai* (PINTO) KATOO e *Palaeolimnada glenleensis* (MITCHELL). Refere-se, outrossim, à presença de *Lioestheria* sp. em toda a extensão da parte inferior da Formação Santa Maria.

c) Flora:

As primeiras referências sobre vegetais fósseis da região de Santa Maria foram feitas por von HUENE & STAHLER (1931), envolvendo madeira silicificada encontrada em sedimentitos considerados, por aqueles autores, como pertencentes à Formação Rio do Rasto. As citadas ocorrências, realmente, fazem parte da seqüência do Membro Caturrita, da Formação Botucatu.

RAU (1933) refere-se a troncos fósseis do município de Santa Maria, denominando-os *Araucarioxylon Dadoxylon*, observando que:

"Infelizmente, las maderas silicificadas de Santa Maria y municipios vecinos estan muy mal conservadas, faltando siempre los puntos de las tráqueas, las celulas de los rayos medulares y en muchos casos los mismos rayos, por lo que resulta imposible una clasificación exacta. Lo único que se puede decir, es, que se trata de una conífera". Faltam detalhes, porém, sobre a localização dos fósseis descritos por RAU (op. cit.).

Troncos fósseis encontrados pelo autor no afloramento da "Sanga da Madeira" encontram-se bem preservados, devendo oferecer melhores possibilida-

BORTOLUZZI (no prelo), identificou um exemplar do gênero *Thinnfeldia* no afloramento do Parque Dom Antonio Reis. Tanto neste afloramento como nos demais, a associação florística é bastante diversificada.

GORDON Jr. & BROWN (1952), em função da flora do Passo das Tropas, sugeriram a correlação das camadas de Santa Maria com a Formação Molteno, da África, e a Formação Cacheuta, da Argentina.

Parece-nos, em função do conteúdo paleontológico até o momento determinado, não haver dúvida quanto a idade carniana destes sedimentos.

		HUENE (1939)	COLBERT (1952, 58, 63, 65)	ROMER (1952) 62, 66)	GORDON & BROWN (1952)	PINTO (1956)	REIG (1963)	COX (1965)	BONAPARTE 1970		COLBERT (1970)	KATOO (1971)
Triássico Médio	ANISIANO											
	LADINIANO		Maria Santa		Santa Maria = Cacheuta = Upper Molteno		Ischig. Molteno	Santa Maria	Los Rastros	Santa Maria		
Triássico Superior	CARNIANO		Maria Santa					Ischi- gualasto	Ischigualasto		Santa Maria = Ischigua- lasto	Santa Maria
	NORIANO								Los Colorados	El Tranquilo		
				Santa Maria		Santa Maria		Manda		Cacheuta		
									Puesto Viejo	Potrerillos		
										Las Cabras		

QUADRO Nº 2 — IDADE E CORRELAÇÃO DA FORMAÇÃO SANTA MARIA

III.2.3. — A FORMAÇÃO BOTUCATU

A designação Arenito de Botucatu foi proposta por GONZAGA DE CAMPOS (1889) para incluir as unidades de arenito com estratificações cruzadas de grande escala, subjacentes ou intercaladas aos derrames de lavas básicas, no Estado de São Paulo.

Os arenitos eólicos, com estratificações cruzadas típicas, inicialmente eram tidos como a litologia característica e única da Formação Botucatu.

Subseqüentemente, porém, foram introduzidas novas unidades, tanto na base da formação (fácies Piramboia, de J. PACHECO, 1927), quando intercaladas aos arenitos eólicos (fácies Santana, de ALMEIDA & BARBOSA, 1953). Não é fácil, entretanto, avaliar o verdadeiro alcance da fácies Piramboia, de J. PACHECO, 1927, quanto inferiorência original de PACHECO (op. cit.). Como esta fácies interessa de perto à constituição do Botucatu Sul-rio-grandense, iremos discutir o problema à luz da bibliografia disponível.

WASHBURNE (1930) caracterizou sob esta designação a parte inferior da Formação Botucatu. PACHECO em notas infrapaginais da sua tradução da obra de WASHBURNE (op. cit.) diz ser falsa esta aceção da fácies Piramboia, não correspondendo ela à dos criadores da denominação. Define o arenito como: "avermelhado de grãos muito rolados, sem cimento argiloso, que se esboroa em fragmentos prismáticos, e que se acha em discordância sobre a Formação Corumbataí. Não tem dado fósseis de espécie alguma. As camadas a ele atribuídas pelos geólogos, pertencem ainda ao Corumbataí Superior, ou seja, às camadas vermelhas do Rio do Rastro, segundo a interpretação dada após a visita de FLORENCE e PACHECO aos lugares clássicos do Sul".

OLIVEIRA (1929), em uma nota "Sobre os arenitos de Botucatu e Piramboia" (in MORAES REGO, 1930), procura esclarecer os mal entendidos relacionados com estas duas unidades, tornando-se evidente, em função da análise desse autor, que o Arenito Piramboia constitui a base da Formação Botucatu.

ALMEIDA & BARBOSA (op. cit.), analisando o mesmo problema afirmam: "Esta definição de Pacheco é vaga, e cabe perfeitamente ao arenito eólico do Botucatu. Nada indica, pelo menos na área que mapeamos, a existência de camadas que possam ser relacionadas ao Rio do Rastro de Santa Catarina ou Paraná. Se é possível que às vezes algumas das camadas arenosas superiores da Série Passa Dois tenham sido confundidas com o Arenito Piramboia, não nos cabe duvidar, pelo

que observamos na região, que a interpretação de WASHBURNE é correta, quanto à existência, em discordância sobre a Estrada Nova, de sedimentos areno-argilosos, de origem aquosa, e localmente um verdadeiro regolito, iniciando a Série São Bento. Propomos seja aceita esta concepção do Arenito Piramboia, e é dentro dela que a seguir descreveremos sua litologia". Dentro deste critério, ALMEIDA (1954) afirma serem os sedimentitos do Botucatu divididos em três conjuntos, "cada qual representando um ambiente dominante no deserto Botucatu: arenito Piramboia, aluvial, o mais baixo, arenito Botucatu, eólico, e arenito Santana, aluvio-lacustre, este intercalado nas partes mais baixas do arenito Botucatu". O Arenito Piramboia seria a parte basal, de origem sub-aquosa, da seqüência desértica, enquanto Santana seria a fácies intercalada no arenito eólico, cuja base estaria cerca de 36 m sobre o topo da Formação Estrada Nova, na área da secção-tipo (ALMEIDA & BARBOSA, op. cit.).

As informações a respeito da Formação Botucatu no Rio Grande do Sul são escassas. De modo geral tem-se considerado, até o momento, única e exclusivamente a sedimentação eólica como representativa desta unidade, não tendo sido subdividida em fácies nos moldes em que o foi nas áreas setentrionais da Bacia do Paraná. As tentativas de GOÑI & DELANEY (1961) e DELANEY & GOÑI (1963), tiveram por objetivo a diferenciação de unidades faciológicas com base em outros termos que não os genéticos.

III.2.3.1. — A Formação Botucatu na região de Santa Maria

A Formação Botucatu, na área de Santa Maria, está representada por duas unidades litológica e geneticamente distintas: uma de características fluvio-lacustres, compreendendo depósitos de calha, de planície de inundação e lagos efêmeros, ocupando posição inferior; e outra, superior, composta essencialmente de arenitos com estratificações cruzadas de grande porte, geralmente em forma de cunha, de sedimentação em ambiente desértico.

As secções geológicas que descreveremos a seguir, tem por objetivo mostrar a constituição da Formação Botucatu nesta região, colocando em evidência uma unidade até o momento não referida na literatura geológica do Rio Grande do Sul. Acrescentam, por outro lado, subsídios à discussão do problema relacionado com o contato superior

da Formação Santa Maria, da mesma forma que esclarecem as relações recíprocas entre as litofácies da Formação Botucatu.

III.2.3.2. — Secções locais

a) Secção desde o km 128 (da BR-158) até o topo do Cerrito (EF, Mapa nº 1)

A Fig. 12 representa esta secção, que inicia no km 128 da BR-158 e vai até o topo da elevação denominada Cerrito, situada algumas centenas de metros a NE do cerro Mariano da Rocha. No citado marco quilométrico, na cota de 135 m, ocorre lamito vermelho típico da fácies Alemôa. Apresenta-se muito siltico, algo arenoso, calcífero, fraturado, partindo-se com fratura irregular a concóide, contendo restos de rincosáurios. A espessura do lamito varia entre 3,5 e 4,0 m; entretanto, o mesmo aflora em cotas mais baixas ao longo da BR-158, até

o cruzamento com a estrada Santa Maria, São Sepé, onde está em contato com folhelhos da fácies Passo das Tropas. Ocorre, também, nas sangas que nascem no Cerrito e no cerro Mariano da Rocha para formar a drenagem da margem esquerda do arroio Cancela, ao norte da estrada, superpondo-se aos folhelhos silticos com restos de vegetais.

Sobre o lamito vermelho assentam conglomerados e arenitos da base da fácies fluvial da Formação Botucatu, sendo o contato entre as duas unidades marcado por uma superfície erosional ondulada. Delineando esta superfície, aparece um conglomerado de base, apresentando espessura média de 0,4 m e máxima de 1,0 m (Foto nº 7 e Fig. 10). O conglomerado é constituído por seixos de lamito vermelho, concreções calcíferas e ocasionais fragmentos de arenitos, imersos em matriz argilosa fina, cinza-clara a escura, calcificada. Os clastos resultaram da erosão da Formação Santa Maria. A calcificação, quando o contato se faz

diretamente com o conglomerado, atinge também a porção superior do corpo lamítico, numa extensão de até 0,2 m.

É comum a presença, abaixo do conglomerado, de um horizonte de cor preta, rico em matéria orgânica macerada, com espessura entre 0,15 m e 0,20 m. Tal horizonte apresenta-se mais ou menos desenvolvido em outros locais, como por exemplo no corte da ferrovia da Vila Kennedy e na Sanga Ribas.

Acima dele ocorre arenito vermelho-claro, muito fino, com proporções variáveis de silte e argila, regularmente classificado, com estratificações cruzadas acanaladas (Foto nº 8). É freqüente a presença de galhas de argila na base das seqüências de estratos cruzados, ou na base dos estratos individuais. As dimensões das seqüências são variáveis, porém raramente inferiores a 1 m, enquadrando-se no tamanho "médio", enquanto os estratos individuais são do tipo muito fino e laminado (Mac KEE, 1953).

Eventualmente o arenito assenta imediatamente acima dos lamitos Santa Maria; quando isto se verifica aparece, em sua base, o mesmo horizonte orgânico mencionado anteriormente. Foram medidos cerca de 20 m destes arenitos (até a cota de 155 m), com ocasionais intercalações de siltito e folhelho, quando então desaparecem sob uma cobertura de basalto alterado. É possível, da mesma forma que no perfil da Sanga Ribas (Fig. 14), que se trata de uma intrusão de diabásio nas rochas da fácies fluvial do Botucatu.

Da cota de 155 m até 165 m não afloram sedimentos.

Dos 165 m aos 175 m surge novamente arenito vermelho claro, com salpicações brancas, com as mesmas características gerais do anterior. É bem classificado, siltico, contendo feldspatos caolinizados; os grãos são polidos, angulares e não se observa estratificações na parte inferior deste corpo; em direção ao topo, passa a exibir estratificações cruzadas do tipo planar. Localmente parecem galhas de argila dispersas pela massa arenosa. Este arenito aparece bem exposto no pátio do Colégio Marista, situado na encosta oeste do Cerrito. Apresenta-se, ali, seccionado por um corpo tabular de siltito arroxado em forma de dique verticalizado, com uma largura de 8,30 m. Como intercalações neste arenito ocorrem corpos irregulares, horizontalizados, de lamito vermelho e delgados leitos de folhelho vermelho. Entre as cotas 170 - 175m, um canal com largura de 20 m corta o arenito vermelho; os sedimentos que o preenchem são are-

nitos de granulação fina a muito fina, com raros grãos médios e grosseiros, cor amarelo-ferrugem, nitidamente distintos do corpo encaixante. Nos primeiros 0,5 m inclui grande quantidade de fragmentos de argila, especialmente junto à base do canal.

Desde este ponto até a cota de 200 m os afloramentos são esparsos, aparecendo em geral exposições isoladas de arenitos muito finos e, mais raramente, siltitos. Os últimos vestígios de sedimentos fluviais podem ser notados à cota de 237 m, sendo constituídos por siltitos argilosos, vermelho-claros, bastante alterados.

O intervalo entre 237 e 249 m está tomado por um solo espesso. À cota de 249 m, surgem as primeiras manifestações de arenitos eólicos, que se distribuem até os 257 m, perfazendo pois, 8 m nítidos de arenito avermelhado, grosseiro, que grada para médio e fino, com lâminas paralelizadas, que imitam o tipo de estratificação rítmica de ambiente sub-aquoso (graded bedding); os estratos apresentam um mergulho médio de 11° para NW.

De 257 m a 259 m aparece basalto, que apresenta contato quente com o Botucatu, estando ambas as litologias formando uma parede vertical de 10 m.

b) Secção Geológica Viaduto — Topo do Cerro de Santa Maria (GH, Mapa nº 1)

Seguindo-se do corte da estrada de ferro Santa Maria-Porto Alegre, sob o viaduto situado às vizinhanças da sub-estação da CEEE, na rua Euclides da Cunha, em direção ao topo do Cerro de Santa Maria, pode-se observar a seguinte seqüência, à partir da cota de 115 m, no leito da estrada de ferro (Fig. 13):

Horizonte de arenito de granulação média amarelo-ferruginoso, entremeando bandas avermelhadas, passando a fino, avermelhado, em direção à parte superior. Apresenta estratificações cruzadas acanaladas e planares, incluindo pelotas de argila na base dos estratos cruzados e, eventualmente, estruturas convolutas. Dignas de referência, são as amplas estruturas de corte e preenchimento no arenito, estando os canais preenchidos por material siltico-argiloso, vermelho vivo a púrpura, contrastando com os clásticos grosseiros mais claros do corpo arenoso encaixante. As variações laterais e verticais da granulometria são notáveis. Pode-se dizer, entretanto, que as intercalações lenticulares de clásticos finos são mais freqüentes nos primeiros 10 m deste horizonte arenoso, cuja espessura total alcança aproximadamente 25 m

Fig. 13 — Secção N-S (GH, Mapa 1), desde o viaduto sobre a estrada de ferro Santa-Maria-Porto Alegre (rua Euclides da Cunha) até o tópo do Cerro Santa Maria.

Os 15 m subsequentes, entre as cotas de 125 m e 140 m, mostram uma composição arenosa mais uniforme. Na parte inferior são arenitos amarelo-esbranquiçados e ferruginosos, médio a finos, feldspáticos, friáveis. Ocasionalmente aparecem delgados leitos de arenito conglomerático. Na parte superior passam a arenitos finos e muito finos, com estratificações cruzadas acanaladas ou onduladas (neste último caso, preferentemente nos arenitos muito finos, com elevado teor em silte). É freqüente a presença, nos arenitos, de fragmentos de argila, sendo que às vezes ocorrem horizontes formados por pequenas placas de argila vermelha na base das seqüências de estratificação. Na cota de 130 m, na encosta do Cerro de Santa Maria,

ocorre siltito argiloso-vermelho, bem laminado, micáceo, mostrando localmente laminação cruzada irregular. Na cota de 135 m, seguindo-se em direção ao cerro do Monumento ao Ferroviário, aparecem troncos de madeiras silicificadas no interior de arenito vermelho púrpura (Am. Bof-8, Tab. III), feldspático, micáceo, friável, com estratificação cruzada, incluindo fragmentos de argila esparsos ou agrupados em níveis descontínuos cuja espessura alcança até 30 cm. Os troncos estão todos num mesmo nível, alinhados segundo ENE, apresentando diâmetros de até 0,8 m (Foto nº 9). Abaixo dos troncos aparece um leito conglomerático pouco espesso, contendo clastos de argila vermelha em matriz arenosa, semelhante a do arenito principal.

Da cota de 140 m até a de 147 m, ocorre siltito argiloso, vermelho a bordô, micromicáceo bem laminado, com laminações paralelas a cruzadas de baixo ângulo, friável, passando a folhelho siltico. Apresenta intenso fraturamento, especialmente na altura da praça triangular do Bairro Itararé, onde está em contato falhado com arenitos eólicos; o sedimento está descorado ao longo dos planos de fratura. Neste horizonte podem ocorrer variações laterais bruscas. No corte da estrada de ferro situado às faldas do cerro de Santa Maria, junto à estrada de rodagem que vai até o topo do cerro, ocorrem estruturas de corte e preenchimento, observando-se intercalações de arenito no pacote siltoso.

Dos 147 aos 160 m, há um pacote de arenito fino a grosseiro, mal classificado, feldspático (feldspatos em adiantado estado de alteração), vermelho-púrpura com pintas brancas, friável, contendo eventuais pelotas de argila. Na altura dos 160 m intercala um horizonte siltico delgado, cor púrpura.

O contato com os arenitos eólicos aparece à cota de 160 m, aproximadamente, na encosta do cerro de Santa Maria. Na estrada para o Campestre do Menino Deus, defronte ao portal da Granja da Cooperativa dos Ferroviários (Granja do Menino Deus) a relação entre os sedimentitos fluviais e os eólicos é concordante. Pouco mais abaixo, depois de uma curva na estrada para a direita, aparecem pequenas falhas de direção NW (N 45° W e N 65° W; esta última direção é idêntica à falha do Bairro Itararé) colocando em contato lamitos e arenitos de fácies fluvial. O plano é praticamente vertical e os regeitos são pequenos.

Os arenitos eólicos apresentam espessura de aproximadamente 40 m no cerro de Santa Maria. Exibem estratificações cruzadas em cunha, com mergulhos preferentemente para NE. São médios a finos na base, passando a finos em direção ao topo; as cores são vermelhas e amareladas.

O contato com o basalto aparece na cota de 200 m, na encosta sul do cerro, ao longo da norte, está situado cerca de 20 m mais alto. O basalto tem espessura de aproximadamente 70 m no cerro de Santa Maria. É notável, na escarpa artificial da pedreira da Universidade, a presença de estruturas de fluxo, bem marcadas aí pela junção peculiar da rocha, com a delineação de bandas colunares que se curvam para o quadrante sul.

c) Seção da Sanga Ribas (I-J, Mapa nº 1)

Esta seção, orientada segundo NE-SW (Fig. 14) vai desde as proximidades da estrada de

ferro Santa Maria-Porto Alegre, cerca de 800 m a oeste do cruzamento das rodovias Santa Maria-Camobi (RS-4) e Santa Maria-Júlio de Castilhos (BR-158) até o topo do morro situado na propriedade do Sr. Valdemar Luca, às vizinhanças do Seminário Vicente Pallotti.

O ponto mais baixo encontra-se na cota de 110 m, no nível da estrada de ferro, de onde até os 115 m, o afloramento encontra-se encoberto por solo areno-argiloso vermelho.

Lamitos da fácies Alemôa afloram a partir da cota de 115 m. São essencialmente argilosos, com descoramento parcial ao longo dos planos de fratura, trespassados por faixas brancas em todos os sentidos. Esta feição é observada numa espessura de 3,2 m (nível 1 — inferior, Fig. 14).

A partir daí, o lamito contém concreções calcíferas, algumas bastante arenosas, rosadas e com dimensões variáveis (até 0,2 m), ausentes no horizonte inferior. O sedimentito desagrega-se em blocos, e as superfícies assim desenvolvidas mostram-se enegrecidas, devido à infiltração de óxido de manganês. Este nível mantém-se até a cota de 123 m, de modo que o pacote de sedimentitos silticos totaliza 8 m. Trata-se, possivelmente, do mesmo horizonte portador de restos de répteis fósseis que ocorre no afloramento da Alemôa, distante apenas 1 km para Leste (nível 1 — superior — Fig. 14).

Acima do lamito ocorre um conglomerado com espessura de até 1,3 m, que desaparece lateralmente. A superfície sobre a qual assenta é irregular, parecendo que o mesmo somente se depositou nos pequenos vales formados sobre o siltito. É formado por fragmentos irregulares de siltito e argila, em geral alongados, arredondados às vezes, com até 0,2 m de comprimento. Há uma preferência na orientação dos eixos maiores destes clastos para N 30° E. A matriz é de arenito grosseiro, contendo grânulos e seixos de quartzo, sílex e algum feldspato alterado. No contato entre o conglomerado e o lamito, este aparece descorado numa zona de aproximadamente 0,5 m de espessura. O cimento é ferruginoso, emprestando à rocha uma coloração avermelhada, alterada localmente para tonalidades brancas e amareladas (nível 2, Fig. 14).

Seguem-se aproximadamente 8 m de arenito grosseiro a médio (Amostra Bof-13, Tab. III) incluindo eventualmente níveis conglomeráticos e gálhas de argila. Em determinados locais pode-se observar estratificações acanadas e no terço inferior deste horizonte aparecem crostas limoníticas (nível 3, Fig. 14).

Fig. 14 — Secção NE-SW (II, Mapa nº 1), desde a Sanga Ribas até o topo do cerro Valdemar Luca. Os horizontes representados por números são comentados no texto.

Acima do arenito grosseiro aparece um delgado horizonte de arenito vermelho tijolo, muito fino, que grada superiormente para silito micáceo (Bof-14, Tab. III), argiloso, sem estratificação aparente, desagregando-se irregularmente e em placas. É este silito (nível 4, Fig. 14), que aflora na estrada Santa Maria-Camobi, onde se encontra sobreposto, em contato brusco, novamente por arenitos. Sua espessura total é de 6 a 7 m; Von HUENE & STAHLCKER (1931, Trad. BELTRÃO & NEUMAIER, 1968) correlacionaram este silito com o da Alemôa, afirmando que o corpo arenoso entre os níveis 1 e 4 (Fig. 14) seria uma ocorrência local. Em nosso entender, entretanto, a fácies fluvial do Botucatu iniciaria já a partir do primeiro nível arenoso desta secção, pois observa-

se, neste ponto, uma situação similar à do km 128 da BR-158 e à do corte da ferrovia, na Vila Kennedy.

Sobre o silito, aparece arenito fino a médio (Bof-15, Tab. III), pardo- avermelhado e amarelo-ferrugem, com grãos de quartzo recobertos por uma película amarelada de óxido de ferro, grãos polidos, angulares e subangulares, com estratificações cruzadas do tipo acanalado (Foto nº 8). Os estratos cruzados apresentam, entremeados aos níveis arenosos, lâminas delgadas de material siltico vermelho, que acompanham a forma em calha dos estratos individuais. Pequenos blocos e raspas de argila aparecem esparsos dentro do arenito, evidenciando, juntamente com o tipo das estratificações, a condição fluvial da sedimentação. Antigamente

este arenito havia sido referido como pertencente à fácies eólica do Botucatu. A espessura deste nível, no local, é de 6,6 m (nível 5, Fig. 14).

Seguem-se, ainda, 4,2 m de sedimentos, representando 0,23 m de siltito vermelho, 3,2 m de arenito avermelhado, como o anteriormente descrito e, finalmente, 0,8 m de lamito muito siltico, púrpura entremeado com vermelho claro.

Acima do último nível de lamito aparece basalto rolado; basalto "in situ" somente é observado a partir da cota de 167 m, 100 m ao sul da casa do Sr. Valdemar Luca.

A única evidência de Botucatu eólico foi constatada num corte recentemente aberto na encosta norte do morro. Aparece aí cerca de 2 m de arenito em contato com basalto, na cota de 150 m, de modo que a espessura do basalto, nesta seção, poderá ter aproximadamente 20 m. Interpretamos esta ocorrência de rocha básica como uma intrusão do tipo "Sill", pois normalmente a presença de basalto, na região, está em cotas superiores a 200 m, mesmo nos morros testemunhos que estão situados ao sul do local onde a presente seção foi levantada.

d) Seção Cemitério da Caturrita — Topo do Cerro da Caturrita (KL — Mapa nº 1).

A presente seção (Fig. 15) foi iniciada à cota de 100 m, na estrada de rodagem Santa Maria-São Martinho, algumas dezenas de metros ao sul do Cemitério da Caturrita e prolongou-se até o topo do cerro homônimo, no local onde está plantada a torre da EMBRATEL. Apresenta uma sequência completa dos sedimentitos fluviais da parte inferior da Formação Botucatu.

Levando em consideração o caráter particular destes sedimentitos e as distinções que apresentam em relação aos eólicos, que se lhes sobrepõem, e os siltitos maciços fossilíferos da Formação Santa Maria, subjacentes, propomos, para caracterizá-los, a denominação "Membro Caturrita", sendo indicada como seção de referência a que passaremos a detalhar, ressaltados os primeiros 20 m de sedimentitos, que pertencem à Formação Santa Maria. Esta, compreende lamito vermelho-tijolo, contendo raros restos de répteis e concreções calcárias, que distribue-se até a cota 120 m, quando aparece a discordância que a separa da Formação Botucatu.

Acima desta superfície ocorrem 2 m de arenito grosseiro e conglomerático, mal classificado, feldspático, com estratificações cruzadas do tipo planar, exibindo as características gerais do are-

nito descrito no corte do Matadouro Municipal (Vila Kennedy).

Seguem-se 5 m de siltito arenoso bem laminado, físsil, micromicácio, vermelho claro, que passa a folhelho siltico chocolate, na altura do Cemitério da Caturrita.

Dos 127 aos 140 m aparecem arenitos vermelhos a púrpura, em tonalidades desbotadas, finos a muito finos, laminados, por vezes físseis, bem classificados, localmente com estratificações cruzadas acanaladas. No corte da estrada de ferro, na altura em que esta cruza com a rodovia Santa Maria-São Martinho aparecem, intercalados nestes arenitos, corpos irregulares de siltito vermelho, com até 3 m de espessura, porém com extensão limitada. Os contatos entre o siltito e os arenitos são bruscos, representando estruturas de corte e preenchimento similares às que se observa na seção do viaduto sobre a via férrea Santa Maria-Porto Alegre, na rua Euclides da Cunha. Evidenciam mudanças radicais na capacidade do agente de transporte, caracterizando pequenos hiatos na sequência depasacional. Níveis conglomeráticos são freqüentes, sendo constituídos por matriz arenosa, feldspática, contendo pelotas esparsas de silte e argila de cor púrpura.

Dos 140 aos 156 m prosseguem os arenitos, agora com granulometria média a grosseira, cor de intemperismo amarelo-ferruginoso, algo feldspáticos, cimento argiloso, com estatificações cruzadas planares; localmente passam a finos e muito finos, maciços ou com estratificação do tipo ondulado (rippled-stratification), vermelho-pálidos, micáceos. Dos 142 aos 144 m aparecem intercalações de siltitos vermelhos a purpúreos.

A cota de 156 m há passagem para siltitos arenosos, vermelho-claros a escuros, localmente passando a marrom-avermelhados, micáceos, fratura em blocos, aparentemente maciços. Alteram-se para creme e acizentados, apresentando desagregação em escamas. Sua espessura atinge, no local, de 12 a 13 m.

Dos 169 aos 186 m retornam os arenitos vermelhos (amarelo-ferrugem quando alterados), granulção muito fina a média, estratificações sub-paralelas, feldspáticos, grosseiramente estratificados.

Dos 186 aos 196 m aparecem siltitos vermelhos, fraturados, sem estratificação aparente, bastante alterados, incluindo localmente, em especial na parte inferior do pacote, horizontes delgados (20 a 30 cm) de arenitos muito fino, vermelho a amarelado. O contato com os arenitos eólicos está coberto, situando-se no intervalos 196-200 m. Os arenitos desta última fácies apresentam granulções predominantemente fina (vide Tabela IV), co-

Fig. 15 — Secção do Grupo São Bento, representada no trajeto compreendido entre o Cemitério da Caturrita, na margem da estrada de rodagem Santa Maria-São Martinho, e o topo do Cerro da Caturrita (KL, Mapa nº 1).

res avermelhadas e amareladas que se intercalam, com grandes "sets" de estratificação cruzada em forma de cunha cujas dimensões são superiores, às vezes, a 20 m. Os mergulhos variam de 18° a 20° para NW.

A partir de 287 m o arenito é vermelho uniforme, fino a muito fino, feldspático, exibindo estratificações cruzadas em cunha com mergulhos variáveis entre 13° e 16° para NE.

Junto ao contato com o basalto, que aparece à cota de 337 m, o arenito apresenta-se recozido, alcançando a zona de recozimento uma extensão de 1 a 2 cm. A zona do contato é muito irregular, observando-se diferenças significativas nas cotas em distâncias reduzidas.

A espessura total da seqüência fluvial do Botucatu, nesta secção, é de 76 m; os sedimentos eólicos apresentam espessura de 137 a 140 m e o basalto, 81 m.

Uma observação deve ser feita com relação à cota do cerro da Caturrita. O topo do mesmo,

no mapa da "Diretoria do Serviço Geográfico do Ministério da Guerra" está cotado em 453 m; tomando, entretanto, a cota da cidade de Santa Maria em 149,5 (no marco de referência da praça fronteira à Catedral), que nos serviu de base para todo o levantamento altimétrico, verificamos uma diferença de 35 m para menos, resultando portanto numa altura de 418 m para o topo do referido cerro. Vale acrescentar que tal diferença somente foi constatada para este ponto em particular, não devendo ser inferida para as demais cotas da área mapeada.

Constituição da Formação

Do exposto pode-se considerar que a Formação Botucatu, na área de Santa Maria, comporta subdivisão, sendo constituída por uma seqüência inferior, depositada em ambiente sub-aquoso (Membro Caturrita) e outra superior, de características eólicas (Botucatu ss.).

III.2.3.3. — O Membro Caturrita

Compreende essencialmente a parte "E" da Formação Santa Maria de BORTOLUZZI & BARBERENA (1967). Inclui arenitos, conglomerados, siltitos arenosos e argilosos e eventualmente folhelhos; as cores são claras nos clásticos grosseiros, em tonalidades desbotadas de vermelho, passando a vermelho escuro, vermelho tijolo e ocasionalmente púrpura nos sedimentitos mais finos. As variações laterais de um para outro tipo de sedimento são grandes, não havendo possibilidade de encontrar padrões rígidos de espessuras para corpos de arenitos, siltitos ou folhelhos que fazem parte de um pacote local.

Exposições destas rochas ocorrem em toda a parte norte da faixa mapeada, sotopostas ao Botucatu ss.. Além dos locais onde foram levantadas secções, encontram-se bem representados ao longo da BR-158, começando a aflorar pouco depois do viaduto sobre a estrada de ferro Santa Maria-Porto Alegre e distribuindo-se até o afloramento do Santuário, onde está o contato entre as duas fácies do Botucatu.

Desde que a sucessão observada no perfil que vai do Cemitério da Caturrita (na estrada de rodagem Santa Maria-São Martinho, a NW da cidade de Santa Maria) até o topo do cerro homônimo (Fig. nº 15) nos parece a mais completa de quantas pudemos observar, escolhemo-la para caracterizar o membro basal do Botucatu na área de Santa Maria.

Litologia:

Na parte inferior aparece comumente um conglomerado de base. Uma das ocorrências mais interessantes é a que se observa no km 128 da BR-158. Neste local (Fig. 10; Foto nº 7) apresenta espessura de até 1,0 m; na parte inferior aparece um nível calcificado de cor rosa, com 0,2 m de espessura, contendo clastos irregulares de siltito vermelho com até 0,1 m de diâmetro, nódulos e fragmentos de calcáreo de tamanho variável, sendo mais frequentes os de 0,5 a 1,0 cm. O horizonte calcificado apresenta ocorrência apenas local, estando recoberto por conglomerado com espessura média de 0,8 m que, na ausência do primeiro, assenta diretamente sobre os lamitos Santa Maria.

Entre o conglomerado e o siltito da Formação Santa Maria pode aparecer uma camada argilosa preta, plástica, contendo matéria orgânica, com espessura média de 0,2 m, sugerindo a presença de um paleossolo. O conjunto representa um de-

pósito coluvial, sujeito apenas à mobilização de material das proximidades, uma vez que as pelotas de siltito não resistiriam a um transporte muito prolongado sem desagregar-se.

A presença de conglomerados na base do Membro Caturrita não se limita a este afloramento, estando esta litologia presente em todos os locais onde aflora o contato com a Formação Santa Maria. Detalhes sobre este aspecto são fornecidos na descrição das secções da Caturrita (Fig. 15) e Vila Kennedy (Fig. 7), dentre outras.

Os arenitos são as rochas mais comuns na coluna do Membro Caturrita. Na porção inferior normalmente está presente um arenito que se sobrepõe ao conglomerado basal. Localmente é bem individualizado, como no corte da ferrovia, na Vila Kennedy (Fig. 7, Foto nº 5) e na Sanga Ribas (Fig. 14), porém não apresenta as mesmas características em todas as secções. Os arenitos apresentam composição essencialmente quartzosa, com algum feldspato e mica; as cores são vermelho-purpúreas, ocasionalmente amareladas ou esbranquiçadas e o cimento é argilo-ferruginoso. Textualmente variam de conglomeráticos a muito finos, passando lateral e verticalmente a siltitos, que localmente podem ser espessos, formando camadas que estabelecem a separação entre corpos arenosos mais importantes. Isto pode ser verificado no perfil que vai do viaduto sobre a estrada de ferro Santa Maria-Porto Alegre, na rua Euclides da Cunha, até o contato com as fácies eólica, às faldas do cerro de Santa Maria (Fig. 13), onde a espessura dos corpos silto-argilosos pode alcançar até 10 m.

Siltitos e folhelhos aparecem sob a forma de lentes (Fig. 13) ou em níveis mais ou menos persistentes, que adquirem importância local. Os siltitos são argilosos, micáceos, ocasionalmente calcíferos, apresentando proporção variável de areia (análises Bof-9 e Bof-14), vermelho-púrpura e cor de chocolate, estratificados ou não; as estratificações plano-paralelas predominam. Os folhelhos são raros e em geral pouco espessos. A ocorrência mais notável é a do km 12 da estrada Santa Maria-Júlio de Castilhos (BR-158), onde aparece aproximadamente 1,0 m de folhelho vermelho-tijolo a marrom, físsil, com restos de plantas, escamas de peixe e grande quantidade de conchostráceos. Outro horizonte de folhelho siltico aparece no afloramento do Santuário, algumas centenas de metros acima, onde encontra-se em contato com arenito eólico. Neste local, o contraste litológico entre estas duas litologias oferece a nítida impressão de um contato discordante entre as fácies eólica e fluvial do Botucatu (Foto nº 11).

Estruturas Primárias:

As estruturas primárias mais conspícuas são as estratificações cruzadas. Estas são predominantemente do tipo acanalado (trough cross-stratification) de porte médio a grande (Foto nº 8), sendo mais comuns na base da unidade. Estratificações cruzadas do tipo planar, limitadas por seqüências de estratos planos e paralelos são freqüentes, adquirindo localmente dimensões de micro-estratificação cruzada.

Estruturas do tipo "cut and fill" podem ser vistas em vários afloramentos, próximo à base desse membro, como no corte da estrada de ferro Santa Maria-Porto Alegre, embaixo do viaduto da rua Euclides da Cunha, junto à sub-estação da CEEE. Observa-se ali um grande canal escavado nos arenitos fluviais, preenchido por arenitos e siltos que se interdigitam. Feições erosionais penecontemporâneas semelhantes às descritas acima, estão presentes à leste do viaduto, colocando em contato abrupto arenitos e lamitos.

Ainda que a grande maioria dos arenitos apresente estratificações cruzadas típicas de ambiente fluvial, aparecem eventualmente corpos arenosos maciços, com fraturamentos horizontais e verticais que emprestam à rocha, quando intemperizada, um aspecto de decomposição em almofadas. A feição é idêntica à que se observa em certos arenitos finos a muito finos da Formação Rosário do Sul ss. As linhas horizontais de fratura estariam possivelmente ligadas ao tipo de estratificação provocado por marcas de ondas.

A média de 313 medidas realizadas por BIGARELLA & SALAMUNI (1967) para os estratos cruzados do Membro Caturrita da região de Santa Maria, nos afloramentos do Viaduto, Cerrito e São José, indicou que as correntes se dirigiam para N 80° E. De acordo com os citados autores, estes resultados coincidem com os obtidos para a Formação Rosário do Sul ss., deduzidos de medidas efetuadas nas vizinhanças de Santa Maria e ao sul da cidade de Rio Pardo, onde o vetor resultante é para N 67° E. Isto significaria que a direção geral do transporte se manteve, e que a área fonte do material estava localizada a WSW durante os tempos Rosário do Sul ss. e Botucatu (Caturrita).

Espessura:

A espessura do Membro Caturrita é de aproximadamente 80 m no perfil do cerro da Caturrita (Fig. 15).

No perfil do Cerrito (Fig. 12), o contato inferior se verifica à cota de 135 m, sendo que, à cota de 237 m ainda pode-se observar a presença de sedimentitos de caráter fluvial. Evidências seguras de arenitos eólicos somente aparecem a partir da cota de 249 m, porém, a cobertura de solo não permite visualizar, neste local, o contato entre as duas fácies, tornando difícil avaliar a espessura correta. Podemos estimar, ali, espessura superior a 100 m, o que coincidiria com a espessura verificada no morro Mariano da Rocha.

III.2.3.4. — A fácies eólica (Botucatu ss.)

A porção superior da Formação Botucatu caracteriza-se por apresentar litologia e estruturas típicas de sedimentação eólica. São arenitos quartzo-feldspáticos variegados com predominância de tonalidades avermelhadas e amareladas, com estratificação cruzada em cunha e tangencial, normalmente de grande porte. Os parâmetros granulométricos (Tabela IV) e os histogramas (Fig. 19) evidenciam a presença de arenitos finos a médios, classificação boa e moderada, com percentagem reduzida de silte e argila. Apenas em caráter excepcional aparecem grãos com diâmetro superior a 1,00 mm. Isto se verifica, por exemplo, em determinadas ocorrências da encosta leste do cerro do Linck, no Cerrito e no cerro de Santa Maria, onde o arenito é predominantemente grosseiro, os grãos são bem arredondados e esféricos, foscos, apresentando uma gradação vertical de diferentes tamanhos de grão, que sugerem estratificação do tipo rítmico.

Não foram observados corpos intercalares de clásticos finos no interior do Botucatu ss.

O comentário das secções da Caturrita, cerro de Santa Maria e outros, acrescentam informações a respeito da fácies eólica na região.

Espessura:

Tomando como exemplo as medidas efetuadas no Cerrito, cerro de Santa Maria e cerro da Caturrita (Figs. 12, 13 e 15) teremos uma idéia da variação local da espessura desta fácies. Os valores respectivos de 8 m, 40 m e 137-140 m indicam um adelgaçamento em direção ao Sul; aliás, na secção da Sanga Ribas (Fig. 14) a espessura do arenito eólico não alcan-

ça mais que 2 m. As variações bruscas na espessura da fácies eólica, em pequenas distâncias, devem estar ligadas a uma atividade erosional pré-derrames, atividade esta exercida numa época em que a área era submetida a uma tectônica de falhamentos em blocos. Estes efeitos podem ser constatados em blocos contíguos, onde a cota do contato arenito/basalto é a mesma, porém as espessuras do sedimentito mostram valores a grosso modo coincidentes (Figs. 10 e 13).

Uma nova atividade tectônica verificou-se concomitantemente ou subsequente aos derrames de lava, pois na área marginal à serra, os blocos anteriormente rebaixados, com maior espessura de Botucatu, apresentam agora espessura menor de capeamento basáltico. Efetivamente observa-se (Mapa nº 1) a presença de falhas com direções aproximadamente ortogonais, segundo NW e NE, sendo mais frequentes as primeiras.

III.2.3.5. — Arenitos inter-derrames

A ocorrência de arenitos inter-derrames, no Rio Grande do Sul tem sido citada por alguns autores (LEIZ — 1949; Von HUENE & STAHLCKER — 1931). No que se refere à região de Santa Maria Von HUENE & STAHLCKER (op. cit.) assinalam a presença de pelo menos 7 horizontes de arenitos recozidos que alternam com basalto. Estas ocorrências teriam sido observadas no perfil da "Linha da Serra" (trecho ferroviário Santa Maria-Passo Fundo), desde as vizinhanças de Santa Maria até a Vila de Pinhal. Tivemos oportunidade, em companhia de outros geólogos, de refazer o citado trajeto e constatar que muitas das ocorrências não correspondem a arenitos intra-derrames, mas à repetições de contatos basalto-arenito em diferentes níveis, devidas a falhamentos e/ou contato irregular entre estas duas litologias. Constatamos, contudo, a presença de delgadas intercalações de arenitos entre derrames ali e em outros locais. Um arenito intercalado em basalto pode ser visto na estrada BR-158 (Santa Maria-Júlio de Cestilhos), cerca de 3 km ao norte do viaduto do Vale dos Diabos, à cota de 300 m. Trata-se de um corpo arenoso lenticular com média de 0,8 m de espessura e extensão de 1 a 2 dezenas de metros. Da base do arenito partem diques descendentes de areia que se bifurcam no interior do basalto e que progressivamente se adelgaçam até desaparecer.

A presença de arenito eólico em situação com-

parável verifica-se também no cerro do Link, no flanco em que está situado a "Pedreira do Maffaccioli". O arenito aparece, ali, a partir da cota de 290 m, sobrepondo-se a um pacote de basalto com espessura de 90 m. Não pudemos observar o contato do basalto com o arenito, pois este apresenta-se esparso pelo terreno sob a forma de grandes blocos que continuam ocorrendo cerca de 7 a 8 metros mais acima. O arenito está recozido e exibe estratificações cruzadas características do ambiente eólico.

Outra ocorrência está situada na antiga estrada Santa Maria-Cruz Alta, aproximadamente na mesma cota da primeira. É notável, por outro lado, a uniformidade da seqüência basáltica neste perfil, pois numa espessura superior a 150 m não aparece senão uma zona de basalto vasicular (à cota de 315 m, aproximadamente). A ausência de lavas vesiculares, aliás, parece ser uma característica para a região de Santa Maria, evidenciando talvez que esta tenha sido uma área alcançada pelos derrames apenas em suas incursões mais amplas, possivelmente as últimas.

III.2.3.6. — O contacto entre os sedimentitos fluviais e os eólicos

Em apenas dois locais da região de Santa Maria pode-se observar claramente o contato entre os sedimentitos fluviais e os eólicos da Formação Botucatu. Um deles está situado na parte norte da cidade de Santa Maria, no Bairro Itararé, junto ao portal da Granja do Menino Deus. Neste local (Foto nº 10), à cota de 165 m, aparecem siltitos arenosos, variegados (bordeaux, vermelhos e róseos) que gradam lateral e verticalmente para arenitos grosseiros a médios, rosados, com características litológicas similares às da fácies eólica, mas cujas estruturas denotam ainda deposição sub-aquática, pois apresentam estratificações plano paralelas e, localmente, do tipo acanalado. Pouco mais ao sul, em nível estratigráfico mais elevado, nota-se que as estratificações vão progressivamente adquirindo as características típicas da fácies eólica, que são mantidas até o contato com o basalto nas elevações vizinhas (cerro de Santa Maria, cerro do Linck). Uma feição interessante, observa-se no corte da estrada de ferro, junto à praça triangular do Bairro Itararé: uma espessa co-sequência de estratos cruzados do Botucatu ss., fortemente mergulhante, é truncada por outra, com estratificações plano-paralelas. Na su-

perfície de separação entre as duas co-sequências, L. I. PRICE (inf. verbal), encontrou vários ventifactos; mais recentemente, tivemos oportunidade de confirmar esta informação coletando outros seixos, não facetados, mas com superfícies polidas e alvéolos que sugerem um retrabalhamento pelo vento.

Nas vizinhanças ainda da praça triangular do Bairro Itararé, vê-se um contato falhado entre os sedimentitos eólicos e os do Membro Caturrita, este último caracterizado por siltitos vermelhos. A falha, cujo plano mergulha cerca de 60° para NE, mostra direção N 70 W; o rejeito é pequeno, pois no corte que se lhe defronta, o contato no bloco que baixou pode ser observado à cota de 160 m, enquanto que no bloco alto, na de 170 m, observável em direção ao Cerro do Monumento ao Ferroviário, subindo pela rua Samuel Morse. Na zona do contato, pode-se observar intercalações conglomeráticas lenticulares, com clastos de silito imersos em matriz arenosa. Trata-se de uma ocorrência local, que interpretamos como sendo o resultado de atividade erosional contemporânea à fase inicial de sedimentação da fácies eólica.

Outro local de contato aparece no sopé do Morro do Santuário, na subida da serra pela BR-158, pouco ao sul do viaduto do Vale dos Diabos. Ali, na cota de 250 m, siltitos argilosos e folhelhos silticos vermelhos a marrom, do Membro Caturrita, estão sotopostos a arenitos eólicos típicos, com estratificações cruzadas tangenciais de grande porte (Foto nº 11). Tal feição sugere, à primeira vista, uma discordância. Somos de opinião, entretanto, que este contato representa uma situação de coexistência das sedimentações fluvial e eólica num determinado tempo, transicional entre o típico ambiente fluvial da parte inferior e o eólico da parte superior da formação.

Contato gradacional entre estas fácies foi verificado, também, a leste da faixa mapeada, na subida da serra pela estrada que leva à Silveira Martins. Ali, à cota de 240 m, interdigitam-se arenitos eólicos com lamitos vermelhos, caracterizando uma passagem gradativa entre as fácies que compõem a Formação Botucatu.

III.2.3.7. — Caracterização sedimentológica

Na quantificação da Formação Botucatu serão considerados separadamente os dois domínios de sedimentação presentes na área de Santa Maria, respectivamente o fluvial e o eólico.

Membro Caturrita:

A Tabela III dispõe os parâmetros granulométricos determinados nas análises dos sedimentos do Membro Caturrita.

O diâmetro médio (Md) apresenta extremos variando entre 5,25 ϕ (silte médio) e 1,45 ϕ (areia média), com média dos valores de 2,80 ϕ (areia fina). Valores aproximadamente equivalentes foram encontrados para o diâmetro aritmético (Mz).

Em relação à classe modal, ao contrário do que se observa para os arenitos da Formação Rosário do Sul ss., a tendência absoluta é para a unimodalidade (Figs. 16a - 16b) sendo que a classe modal dominante se situa no intervalo 2-3 ϕ (areia média) em cerca de 1/3 das amostras; em 17,5% delas a classe modal dominante cai no intervalo 3-4 ϕ (areia muito fina) e as demais apresentam a classe modal principal no intervalo 4-5 ϕ (silte fino). Por outro lado, os sedimentos do Membro Caturrita apresentaram distribuição granulométrica em 5 classes texturais, à semelhança do que ocorreu com a Formação Rosário do Sul ss.

O desvio padrão (I), obtido das curvas acumulativas (Fig. 17), mostra extremos variando entre 4,34 e 0,55, indicando amostras com classificação desde extremamente pobre até boa. Proporcionalmente, 50% das amostras exibem classificação moderada; 40% classificação pobre e 10% são muito pobremente classificadas (Fig. 17) contrastando com os depósitos da Formação Rosário do Sul ss., onde apenas 8% das amostras são pobremente classificadas.

Os valores extremos da assimetria (SK¹) variaram de 1,10 (muito positiva) até 0,01 (aprox. simétrica), com 75% das curvas apresentando simetria muito positiva, 20% assimetria positiva, e 5% aproximadamente simétricas (Tab. III). Em linhas gerais as características dos sedimentos quanto à distribuição, são comparáveis às da Formação Rosário do Sul, ainda que a tendência para o lado dos finos seja bem mais acentuada nos sedimentos Caturrita.

Os valores da curtosis (K'²G) mostram um máximo de 0,78 (curva leptocúrtica) e mínimo de 0,49 (curva mesocúrtica) para o Membro Caturrita. Proporcionalmente, 19 dentre as 20 amostras mostram curvas leptocúrticas, sendo apenas uma mesocúrtica. É interessante notar, pois, a predominância absoluta das leptocúrticas para os sedimentos fluviais da Formação Botucatu, predominantes também para os da Formação Rosário do Sul, porém em proporção bem menor (75%).

T A B E L A I I I

PARAMETROS GRANULOMÉTRICOS DA FORMAÇÃO BOTUCATU (Membro Caturrita)

AMOSTRA Nº	MEDIANA (Md)		MÉDIA ARIT. (Mz)		DESV. PADRÃO (I)	ASSIME- TRIA (SK) I	CURT. GRAF. (K) G	CURT. SIMPL. (K') G	LOCALIZAÇÃO
	Ø	mm	Ø	mm					
Bof — 1	3,10	0,1166	3,45	0,0915	1,13	1,10	2,80	0,73	Perfil Caturrita
Bof — 2	2,85	0,1387	2,87	0,1368	0,66	0,23	2,05	0,67	Perfil Caturrita
Bof — 3	2,00	0,250	2,66	0,1582	4,34	0,34	2,00	0,66	Perfil Caturrita
Bof — 4	3,85	0,0693	4,18	0,0552	1,18	0,51	1,10	0,52	Perfil Caturrita
Bof — 5	3,10	0,1166	3,28	0,1029	0,70	0,60	2,37	0,70	Perfil Caturrita
Bof — 6	1,90	0,2679	2,10	0,2333	1,08	0,79	3,56	0,78	Perfil Caturrita
Bof — 7	2,80	0,1436	3,10	0,1166	1,19	0,58	1,87	0,65	Perfil Caturrita
Bof — 8	2,70	0,1539	3,15	0,1127	1,47	0,67	1,74	0,63	G. E. Xavier da Rocha
Bof — 9	5,25	0,0263	5,78	0,0182	1,64	0,50	1,19	0,54	Ponte Seca
Bof — 10	3,00	0,125	3,27	0,1037	1,23	0,60	2,41	0,70	Montanha Russa
Bof — 11	2,85	0,1387	3,03	0,1224	1,60	0,25	1,27	0,55	Ponte Seca
Bof — 12	2,00	0,250	2,20	1,1218	0,79	0,36	0,97	0,49	Cerro Santa Maria
Bof — 13	1,45	0,3660	1,48	0,3585	0,80	0,28	1,49	0,59	Sanga Ribas
Bof — 14	4,05	0,0604	3,92	0,0661	1,18	0,01	2,10	0,67	Sanga Ribas
Bof — 15	2,22	0,2146	2,28	0,2059	0,58	0,33	1,70	0,62	Sanga Ribas
Bof — 16	1,86	0,2755	1,90	0,2679	0,55	0,16	2,47	0,71	Cerrito — Col. Mar.
Bof — 17	2,90	0,1340	3,58	0,0836	0,62	0,70	1,21	0,54	Vila Kennedy
Bof — 18	2,45	0,1830	2,85	0,1387	0,999	0,32	1,17	0,53	Ponte Seca
Bof — 19	2,51	0,1756	2,70	0,1539	0,95	0,50	1,53	0,60	Cerriquito
Bof — 20	2,25	0,2102	2,57	0,1684	0,93	0,66	1,47	0,59	Cerriquito

Fig. 16a — Histogramas dos sedimentos do Membros Caturrita, da Formação Botucatu.

Fig. 16b — Histogramas dos sedimentos do Membro Caturrita.

Fig. 17 — Curvas de frequência acumulada dos sedimentos do Membro Caturrita

Fig. 18 — Representação gráfica da textura superficial dos grãos de areia do Membro Caturrita, da Formação Botucatu. Dominante granulométrica em diversos intervalos de Wentworth (média de 13 análises).

No que se refere à morfoscopia (Fig. 18) predominam os grãos mamelonares (48%), seguidos dos sacaroides (38%), cujo montante perfaz 86% dos grãos. Observa-se leve predominância (54%) de grãos polidos sobre os foscos, sendo que a proporção dos primeiros aumenta à medida que diminui o tamanho dos grãos. A dominante textural está nos grãos "mamelonados foscos"; aparece igual proporção de grãos com textura "mamelonada polida" e "sacaróide polida", enquanto é relativamente baixa a quantidade de grãos lisos.

De modo geral estas características são idênticas às da Formação Rosário do Sul ss., devendo-se ressaltar, entretanto, a presença mais significativa de grãos polidos para o Membro Caturrita, sendo digna de nota a ausência desta textura no intervalo 1,0-0,5 mm da Formação Rosário do Sul, enquanto abundante no mesmo intervalo granulométrico do primeiro. Tal fato, associado à maior presença de grãos sacaróides nos sedimentos do Membro Caturrita, pode significar uma fonte diversa para as areias das unidades em apreço.

Quanto à esfericidade e ao arredondamento, predominam os grãos arredondados e subarredon-

dados até o intervalo 0,125 mm, da mesma forma que para os arenitos da Formação Rosário do Sul ss.. Abaixo deste intervalo, os grãos são angulares e subangulares, com baixa esfericidade.

Os diafragramas de Raios-X das argilas do Membro Caturrita mostram predominância de montmorilonita sobre outros tipos de argilo-minerais. Deve-se observar, contudo, que além da ilita que é o segundo em abundância, aparecem ainda a caolinita e a clorita, esta última apenas como traço em uma das amostras analisadas.

Botucatu ss.:

A Tabela IV mostra os parâmetros granulométricos das amostras da fácies eólica da Formação Botucatu (Botucatu ss.).

O diâmetro médio (Md) está em 2,30 ϕ (areia fina), com extremos entre 2,80 ϕ (areia fina) e 1,35 ϕ (areia média).

Os valores do diâmetro médio aritmético (Mz) embora diferindo ligeiramente daqueles do diâmetro médio, correspondem essencialmente aos mesmos intervalos granulométricos.

TABELA IV

PARAMETROS GRANULOMÉTRICOS DA FORMAÇÃO BOTUCATU (fácies eólicas)

AMOSTRA Nº	MEDIANA (Md)		MÉDIA ARIT. (Mz)		DESV. PADRÃO (I)	ASSIMETRIA (SK) I	CURT. GRAF. (K) g	CURT. SIMPL. (K') g	LOCALIZAÇÃO
	Ø	mm	Ø	mm					
Bo — 1	2,10	0,2333	2,18	0,2207	0,86	0,33	1,43	0,59	Est. S. M. - J.Castilhos
Bo — 2	2,10	0,2333	2,10	0,2333	0,43	0,09	1,99	0,66	Est. S. M. - J.Castilhos
Bo — 3	1,65	0,3078	1,66	0,3143	1,36	0,14	1,60	0,60	Viaduto V. Diabos
Bo — 4	1,35	0,3923	1,63	0,3231	0,68	0,59	0,64	0,39	BR-158 - Santuário
Bo — 5	2,80	0,1436	2,83	0,1406	0,32	0,42	4,10	0,80	Viaduto V. Diabos
Bo — 6	2,10	0,2333	2,18	0,2207	0,45	0,17	1,10	0,52	Cerro S. Maria (base)
Bo — 7	2,75	0,1487	2,75	0,1487	0,27	0,00	0,13	0,12	Cerro S. Maria (tpo)
Bo — 8	2,60	0,1649	2,26	0,2088	1,11	— 0,35	1,01	0,50	Cerro S. Maria (meio)
Bo — 9	2,30	0,2031	2,86	0,1377	1,29	+ 1,00	3,95	0,79	Triângulo Itararé
Bo — 10	2,60	0,1649	2,65	0,1593	0,82	0,35	1,16	0,53	Pedreira do Linck
Bo — 11	2,60	0,1649	2,61	0,1638	0,72	0,37	4,18	0,80	Cerro Catur. (topo)
Bo — 12	2,70	0,1539	2,70	0,1539	0,72	0,50	3,90	0,80	Cerro Caturrita

Como é de esperar em um arenito eólico, o caráter unimodal dos sedimentos é notório, sendo que o intervalo 2-3 ϕ constitui a classe modal mais freqüente (Fig. 19). Já o número de classes modais presentes nos sedimentitos desta fácies mostra que a grande maioria dos arenitos são moderadamente a bem classificados, sendo que 41,5% das amostras apresentam 4 classes, 33,5% 6 classes, 16,5% 3 classes e 8,5% 5 classes texturais.

A fig. 20 mostra as curvas granulométricas acumulativas da fácies eólica do Botucatu, a partir das quais foram retirados os parâmetros que seguem.

Os valores do desvio padrão (I), mostrados na tabela IV, evidenciam maior classificação dos grãos desta fácies, se comparados seus valores àquales obtidos para a Formação Rosário do Sul ss. e o Membro Caturrita. Os valores extremos são respectivamente 1,36 (classificação pobre) e 0,27 (classificação muito boa) com 45% das amostras mostrando classificação moderada, 25% classificação pobre, 16,5% classificação boa e 16,5% muito boa. O valor médio das amostras evidencia classificação moderada. Os valores da assimetria dão um máximo de 1,00 (muito positiva) e um mínimo de -0,35 (muito negativa); 58,5% das amostras mostram assimetria muito positiva, 16,5% assimetria positiva, 16,5% curvas aproximadamente simétricas e 8,5% assimetria muito negativa; a tendência generalizada da distribuição dos grãos é para o lado dos finos.

O caráter "seccionado" das curvas granulométricas acumulativas volta a se manifestar, repetindo o que se verificou para o ambiente fluvial.

Os valores de $K'G$ evidenciam nos seus limites, máximo e mínimo, respectivamente, curvas leptocúrticas e platicúrticas. Do total de 12 amostras (Tabela IV), 75% delas mostram curvas leptocúrticas, com melhor classificação na parte central; 16,5% platicúrticas, com melhor classificação nas terminais e 8,5% mesocúrticas, com as características da curva normal.

De acordo com FRIEDMANN (1961), os parâmetros texturais das areias refletem o modo de transporte e a energia do agente transportador. As ondas que depositam areia numa praia, possuem maior competência que o vento que transporta areia para formar dunas ou "eolian flats". Esta diferença em competência explica porque nenhuma das amostras de areia de dunas estudadas

mostram valores da média inferiores a 1,49 ϕ , enquanto isto é freqüente em muitas areias de praia. Para FRIEDMANN, portanto, um parâmetro útil para reconhecer areias e dunas é o tamanho médio dos grãos. No que se refere o Botucatu (fácies eólica), a média aritmética das amostras estudadas sempre é maior que 1,73 ϕ , enquanto que o diâmetro médio calculado a partir do percentil 50% (mediana) revelou apenas um valor inferior a 1,49 ϕ . Refere ainda o autor em apreço, que as areias de dunas tendem a ser melhor classificadas que as fluviais, fato este confirmado pelas análises de fácies eólica, se comparadas com as do Membro Caturrita da mesma mesma Formação e com a Formação Rosário do Sul ss.

FRIEDMANN (op. cit.) observa que a distribuição dos tamanhos de grãos em areias de duas é em geral positiva, não sendo esta tendência afetada pela mineralogia das areias. O fato das areias eólicas e também as fluviais, resultarem de um fluxo direcional, deve ser encarado como o responsável para explicar a simetria geralmente positiva destes sedimentos. Segundo o mesmo autor, a curtosis não contribui para uma informação diagnóstica de ambiente de deposição. A assimetria é sensível ao ambiente, enquanto a curtosis não o é.

Quanto a morfoscopia, no caso do Botucatu ss. observa-se, à maneira dos arenitos do Membro Caturrita e da Formação Rosário do Sul, uma predominância dos grãos mamelonados (57,5%), seguidos em proporção pelos lisos (26,5%) e sacaróides (16%). A tendência à apresentação de grãos foscos é nitidamente visível (Fig. 21), na proporção de 9 grãos foscos para 1 polido em cada dez. As areias das fácies eólica apresentam dominante textural "mamelonado fosco", secundada pela textura "liso fosco"; a presença de grãos sacaróides é diminuta, salvo na fração mais fina de areia, o que vem ao encontro da afirmação de BIGARELLA et al. (1955) com referência às areias desérticas.

No que se relaciona aos aspectos de arredondamento e esfericidade, os arenitos eólicos da Formação Botucatu são nitidamente mais arredondados e apresentam mais alta esfericidade que os do Membro Caturrita ou os da Formação Rosário do Sul ss.. Isto, aliás, bem evidencia o maior retrabalhamento dos grãos no ambiente desértico em que se depositaram os primeiros.

Apenas duas amostras foram submetidas ao estudo difratométrico de Raios-X, tendo-se observado que a montmorilonita é o argilo-mineral predominante na fácies eólica da Formação Botucatu.

Fig. 19 — Histogramas dos arenitos eólicos da Formação Botucatu.

Fig. 20 — Curvas re frequência acumulada das areias eólicas da Formação Botucatu.

Fig. 21 — Representação gráfica da textura superficial dos grãos de areia da fácies eólica da Formação Botucatu. Dominante granulométrica em vários intervalos. Média de 6 amostras.

III.2.3.8. — Paleontologia e idade

Raras são as referências sobre a presença de fósseis no Botucatu do Rio Grande do Sul. OLIVEIRA (in MORAES REGO, 1930) atribui a J. PACHECO o encontro de uma carapaça de um réptil numa lage de Arenito Botucatu de "uma praça ajardinada de Passo Fundo". Von HUENE & STAHLER (1931) referem-se ao achado de um osso com cerca de 18 cm de comprimento, supostamente encontrado na base do Botucatu e que suspeitavam pertencer a um *Celurosauro*. Tal ocorrência carece de confirmação, pois os autores basearam suas afirmações em narrativas de terceiros.

Até o momento, a presença confirmada de restos orgânicos nesta Formação, no Estado, restringe-se ao Membro Caturrita, na região de Santa Maria. KATOO (1971) estudou uma fâunula de conchostráceos encontrado no afloramento do Belvédere, referindo-a, de acordo com a sugestão de BORTOLUZZI E BARBERENA (1967) à Parte "E" do Membro Superior da Formação Santa Maria. Este afloramento está situado no km 12 da rodovia BR-158, cerca de 3,9 km ao norte do cruzamento desta com a estrada de rodagem Santa Maria-Camobi, na margem direita da estrada,

e os sedimentitos ali aflorantes pertencem ao Membro Caturrita, como é definido no presente trabalho. KATOO (op. cit.), em função dos fósseis encontrados nesse local e da fâunula do afloramento Passo das Tropas, conclui pela idade Triássico Superior para a Formação Santa Maria, nela incluindo também o atual Membro Caturrita. Os fósseis encontrados no horizonte de folhelhos do Belvédere inclui os gêneros *Pseudestheria* (Permiano-Cretáceo), *Euestheria* (Carbonífero-Cretáceo), *Orthothemos?* (Permiano-Cretáceo), *Pseudoasmussia* (Devoniano-Cretáceo), *Estheriina?* (Carbonífero-Cretáceo) e *Echinestheria?* (Triássico Superior), além de alguns restos vegetais mal preservados. Julgamos ser prematura, ainda, a colocação deste pacote no Triássico Superior, uma vez que das espécies descritas apenas *Echinestheria* apresenta distribuição restrita à esta época, além do que, sua presença é duvidosa nos sedimentitos no Membro Caturrita. Os demais gêneros e espécies descritos por KATOO (op. cit.), por outro lado, apresentam invariavelmente uma distribuição que se estende até o final do Cretáceo, fato este que recomenda a tomada de uma posição acauteladora com relação ao assunto.

A presença de troncos silificados no membro inferior do Botucatu, como os dos afloramentos do Grupo Escolar Xavitr da Rocha (Foto nº 9),

da Vila Kennedy e Ponte Seca, dificilmente virá prestar uma contribuição substancial para a resolução do problema da idade da formação, dado que as madeiras fósseis do tipo araucariano, como são as referidas, ocorrem em todo o Mesozóico.

A questão da idade da Formação Botucatu do Rio Grande do Sul recai, pois, no âmbito geral da discussão sobre a idade desta unidade na Bacia do Paraná. ALMEIDA (1950) conclui pela idade triássica (Reto-Liássico) da "Série São Bento" em função de uma fauna de crustáceos que representam "uma estranha associação de formas antigas, de origem paleozóica, e que se admite terem se extinguido no Triássico Superior, aliadas a outras de caráter nitidamente mais moderno, conhecidas a partir do Jurássico Inferior".

CARDOSO (1966) retoma o problema, referindo as ocorrências do Grupo São Bento, por parte, a outros gêneros que não os assinalados por ALMEIDA (op. cit.). É o caso, por exemplo, de *Bairdestheria barbosai* ALMEIDA e *Eustheria mendesi* ALMEIDA, atribuídas respectivamente aos gêneros *Pseudograpta* NOVOJLOV e *Bairdestheria* RAYMOND. Com referência a *Pseudograpta*, sua ocorrência restringe-se, na Europa e na Ásia, ao Jurássico, enquanto *Bairdestheria* compreende 11 espécies fósseis, 9 das quais assinaladas no Jurássico, e 2 no Cretáceo, sendo certas apenas as referências das espécies jurássicas. Digno de nota, ainda, é a presença, no Grupo São Bento, de representantes do gênero *Pseudoestheria*, cuja presença é segura apenas no Jurássico. Para a distribuição estratigráfica destes gêneros, CARDOSO (op. cit.) estende sua amplitude até o Cretáceo Inferior, justificando que ocorrem nas Rochas do Grupo Bahia (datados paleontologicamente desta época) e nas do Grupo São Bento, cuja datação está vinculada à idade das lavas básicas, atualmente estabelecidas, com base em dados radiométricos, entre o Jurássico Superior e o Cretáceo Inferior.

GUIMARÃES (1967) entretanto, chegou à conclusão que para o Brasil Meridional os dados geocronológicos relacionados com as rochas basálticas se distribuem do Triássico Inferior ao Superior, sendo mais antigos os basaltos do sul da Bacia do Paraná. Com isto, as idades da Formação Botucatu seriam também variáveis, caso seja adotado o critério de vinculá-las às dotações dos derrames. Deve-se ponderar, contudo, que o método aplicado por GUIMARÃES (op. cit.) é suscetível de discussão, devendo-se guardar catela quanto aos resultados obtidos.

O que se pode afirmar, portanto, é que a idade da Formação Botucatu ainda não pode ser

determinada com a acuracidade desejável, oscilando mais provavelmente, com base na vinculação com os dados radiométricos, entre o Jurássico Superior e o Cretáceo Inferior.

III.2.4. — A FORMAÇÃO SERRA GERAL

I. C. WHITE (1908) denominou "Eruptivas da Serra Geral" à seqüência de rochas vulcânicas que forma o campeonato basáltico dos sedimentitos gonduânicos da Bacia do Paraná.

No Rio Grande do Sul, a espessura da Formação é superior a 1.000 m na área de Torres-Três Forquilhas, incluindo até 13 derrames sucessivos (LEINZ, 1949). As lavas básicas ocupam mais que 50% da área do Estado, formando um extenso platô com altitude média de 550 metros. Seu contorno, partindo da região litorânea de Torres, acompanha a Planície Costeira com direção geral SSW até a região de Osório; daí, infletindo para Oeste, se dirige até São Francisco de Assis onde, retomando o rumo SW alcança as vizinhanças de Santana do Livramento, avançando então pelo Uruguai. A feição resultante é a de um N esgaçado cuja linha central se orienta segundo Leste-Oeste, e as laterais esquerda e direita para Sul e Norte respectivamente. A escarpa basáltica assim delineada forma uma feição geométrica marcante do Rio Grande do Sul, com um desnível de 70 m na área de Torres, de onde eleva-se progressivamente em direção ao Oeste, para atingir valores de aproximadamente 1.000 m na região de Três Forquilhas. É na zona dos "campos de cima da serra", entretanto, onde as mais altas cotas são observadas. Nos Aparados da Serra, no município de Bom Jesus, chegam a alcançar os 1.200 m.

O contato do Botucatu com as efusivas encontra-se em alturas variáveis, sendo mais baixa a sua posição no litoral de Torres, onde se situa ao nível do mar; para o Sul, sobre até 100 m em Santo Antônio da Patrulha, sendo que as cotas mais elevadas do contato são observadas na área de Santa Maria (em torno de 270 m). Na região de Jaguari o contato desce novamente para a cota dos 120 m e em Santana do Livramento chega aos 250 m.

Petrografia

A Formação Serra Geral é composta essencialmente de basaltos, em suas múltiplas varia-

des. Macroscopicamente, observa-se uma variedade muito grande de cores nos basaltos Sul-rio-grandenses: desde o negro carregado nos vitrofíricos até o marrom avermelhado dos tipos amigdalóides. A granulação, imperceptível nos basaltos vítreos, é microcristalina nos basaltos e média a grosseira nos diabásios; a textura varia, de acordo com os tipos, de compacta e homogênea até porfiróide, passando a apresentar vesículas preenchidas por zeólitas, calcita e quartzo nas variedades amigdalóides. O estado físico dos basaltos está intimamente associado com os diferentes graus de alteração, pois normalmente quanto mais escura a rocha, tanto mais dura e melhor sua preservação, enquanto os basaltos alterados são caracterizados principalmente pelas cores avermelhadas e uma estrutura frouxa.

Microscopicamente os basaltos apresentam, em geral, textura intergranular e grande consistência de composição mineralógica: cristais alongados de plagioclásio (em geral labradorita) formando a massa fundamental, piroxênios (augita) distribuídos ao acaso e porções de massa vítrea preenchendo os interstícios entre os cristais. Opacos, principalmente magnetita e ilmenita, pontilham de preto ou vermelho a massa fundamental. Esta composição caracteriza os basaltos do tipo toleítico do Rio Grande do Sul (SCHNEIDER, 1964). A presença de olivina raramente é observada nas rochas de derrame. Em 19 amostras descritas por SCHNEIDER (op. cit.) apenas uma ocorrência foi detectada, numa amostra de um sill de diabásio da região de Xarqueadas.

De acordo com LEINZ (1949), a composição mineralógica e química do magma basáltico do Rio Grande do Sul é homogênea, sendo constituída principalmente de plagioclásio (An 50-70), augita e pigeonita. Contudo, foram encontradas amostras de efusivas mais ácidas, do tipo leidlético, no topo dos derrames.

Estudo petroquímico realizado por SCHNEIDER (1964) evidenciou que as rochas basálticas Sul-rio-grandenses constituem uma província petrográfica "álcali-cálcica", numa seqüência que vai desde os tipos gabróides até granodioríticos. De acordo com este autor, o cálculo normativo para todas as análises indica saturação de sílica, podendo o conjunto ser considerado "toleítico". Tal afirmação é corroborada pelo estudo químico dos basaltos da Bacia do Paraná realizado por ISSLER (1970), que conclui formarem as eruptivas desta Bacia uma "série toleítica", configurando uma série de basaltos que se assemelham com as lavas havaianas.

III.2.4.1. — A Formação Serra Geral na região de Santa Maria

A zona de ocorrência maciça de basaltos está situada ao norte da área mapeada, com manifestações mais amplas e espessas na faixa nordeste. As primeiras exposições, entretanto, se verificam mais ao Sul, onde uma série de morros testemunhos apresentam seus cumes coroados por um capeamento residual, atestando a extensão dos derrames neste sentido. O primeiro deles, situado às vizinhanças do Seminário Vicente Pallotti, imediatamente a oeste do viaduto que cruza a BR-158, apresenta uma delgada cobertura basáltica (aproximadamente 10 m) sobre o Botucatu, que aí está representado apenas por vestígios. O perfil da Sanga Ribas (Fig. 14) exhibe as relações observadas neste local. É provável que se trate, na realidade, de um "sill" de diabásio.

Partindo deste local para Sudeste, encontra-se novamente basalto cobrindo os topos do cerro da Alemôa e do Cerrito. Nesta última elevação a presença de basalto "in situ" é observada apenas no do topo do morro, à cota de 175 m, não estando presentes mais que 2 m nítidos de basalto. Não constatamos a presença de arenito eólico neste perfil (vide figs. 8a-8b).

A sudoeste do Cerriquito aparece o Cerrito (Fig. 13), onde verifica-se um contato nítido do basalto com o Membro Caturrita. O basalto aparece como uma fina cobertura de apenas 2 m, determinando, na superfície de contato, uma zona de recozimento de uns poucos centímetros sobre o arenito eólico.

Mais ao Sul, o cerro Mariano da Rocha apresenta basalto entre as cotas de 240 e 243 m. Não é visível o contato inferior, não havendo, por outro lado, indícios de arenito eólico "in situ", apesar de se ter encontrado fragmentos indicativos da sua presença no local. A ocorrência do cerro Mariano da Rocha é a derradeira no sentido Sul, no que diz respeito a rochas basálticas, e representa a máxima extensão constatável dos derrames da Serra Geral para este quadrante, na região.

Passando para o domínio da escarpa basáltica, vamos analisar os basaltos tendo em vista o comportamento dos derrames de leste para oeste da faixa mapeada. A Montanha Russa representa, no extremo Leste, o primeiro degrau da Serra do Pinhal. O contato com o Botucatu está, neste local, situado entre as cotas de 240-245 m, o que coincide em linhas gerais com a altitude dos contatos nos morros testemunhos anteriormente discutidos. Se daí nos dirigirmos para o norte, subindo a serra, o contato gradativamente vai alcançando cotas mais altas, e o basalto progressivamente torna-se

mais espesso. O cerro do Baú, na parte NE do mapa, se constitui na maior elevação local, com a altitude de 468 m. A BR-158 (estrada Santa Maria-Júlio de Castilhos) oferece um excelente trajeto para se observar estas particularidades, desde as cotas mais baixas do contato até as mais elevadas. Tomando-se a estrada na altura da Alemôa e dirigindo-se para o Norte, logo após atravessar a ponte sobre o arroio Vacacaí-Mirim aparecem, nos primeiros morros que formam a Montanha Russa, vestígios de basalto entre 160 e 190 m de altitude. É o que ocorre, por exemplo, logo após a primeira grande curva da estrada, onde aparece, associada aos sedimentos do Membro Caturrita, uma ocorrência de basalto muito fraturado, com disjunção colunar. Não se observa, entretanto, a presença da rocha fresca neste local; por informação do Sr. Isauro Domingues, cuja residência foi construída sobre este material, soubemos ter sido perfurado um poço de 22 m de profundidade sobre o mesmo, sem que tenha sido encontrada rocha fresca. É provável que se trate de um intrusão (ou de um depósito de talus?) pois o contato normal do basalto com os sedimentitos eólicos estão em cotas superiores a 240 m nas elevações das vizinhanças. Prosseguindo pela BR-158, aliás, esta assertiva é confirmada, pois o contato está a 245 m na grande ravina que aparece após a curva do Belvédere e daí sobre para 275 m, evidenciando a presença de uma falha de direção NW, a primeira de um sistema delineado no presente mapeamento e que apresenta escalonamentos sucessivos em direção ao Norte.

O Cerro de Santa Maria (Fig. 13) aparece como uma feição isolada próxima à escarpa basáltica, isolamento este determinado pela dissecação da topografia por obra do arroio Vacacaí Mirim e seus afluentes. Apresenta forma tabular, levemente basculado para Sul, onde o contato basalto/Botucatu se verifica à cota de 200 m, enquanto sobe para 223 m no flanco norte, com uma inclinação de 3 graus na zona do contato. O topo do Cerro está na cota de 276 m, o que perfaz uma espessura de 76 m para o basalto neste local.

Imediatamente a oeste do cerro de Santa Maria está um morro pontegudo no cimo do qual (228 m) está postado o monumento ao ferroviário. Neste cerro do Monumento o contato entre as rochas basálticas e os arenitos eólitos da Formação Botucatu está a 210 m. A linha do contato segue nesta cota em direção ao cerro do Linck, que lhe é adjacente pelo flanco NW. Localmente o contato mergulha cerca de 20° (Foto nº 12) para N 45 W, entre as cotas de 200 e 220 m.

Tomando-se, deste local, a estrada velha para Cruz Alta, o contato é observável na subida da serra, à cota de 235 m, 40 m mais baixo que no viaduto do Vale dos Diabos, representando o rejeito da falha de direção NW que passa pelo vale em apreço.

O cerro do Linck estende-se para NW, apresentando uma escarpa alinhada segundo esta mesma direção (vide Mapa nº 2) que marca, aproximadamente, a zona do contato basalto/Botucatu. O cerro da Caturrita, feição em forma de mesa que aparece na extremo oeste da faixa mapeada, mostra escarpas alinhadas na direção E-W.

Uma série de falhas coloca o contato em cotas sucessivamente mais elevadas a partir do cerro do Linck em direção ao NW. Na pedreira, encontra-se entre 200 e 220 m, no bloco baixo de uma falha com direção NE; no bloco alto, está a 275 m e, mais a oeste, no cerro da Caturrita, se verifica na cota de 377 m, no flanco oeste deste cerro (Fig. 15), tendo o basalto aí uma espessura de 126 m.

III.2.4.2. — Relações de contacto

O embasamento normal dos derrames é o arenito eólico da Formação Botucatu. Apesar da espessura ter-se reduzido drasticamente nos morros testemunhos representados pelo Cerrito e cerro Mariano da Rocha, não pode ser afastada a possibilidade do Botucatu se encontrar presente nos locais em que esta evidência não pode ser comprovada. O que fica patente é que a atividade erosional pré-derrames foi intensa, existindo pois a possibilidade de contato direto entre as lavas básicas e sedimentitos mais antigos que os da fácies eólica. Tal fenômeno pode ser observado no domínio da própria escarpa areno-basáltica na região de Santa Maria, pois a espessura nítida de sedimentos eólicos que é de 137 m no cerro da Caturrita, não alcança mais que 30 m no cerro do Linck (na pedreira) e 140 m no cerro de Santa Maria. Espessuras reduzidas são encontradas também para o leste da faixa mapeada, sendo de 50 m na Montanha Russa e 25 m no cerro do Santuário na subida da Serra do Pinhal, às vizinhanças do viaduto do Vale dos Diabos. Esta situação, ligada à inclinação por vezes bastante acentuada dos contatos, nos leva a interpretar como discordante a relação entre o Botucatu e as lavas da Serra Geral.

GORDON Jr. (1947) chamava a atenção para este fato, observando que em Santa Catarina, às vizinhanças do Morro Pelado, a relação discor-

dante é nítida, havendo um mergulho de 19° no contato e uma variação de espessura do Botucatu de 200 m para menos de 60 m no espaço de 1 km, lateralmente. Refere também, como já o haviam feito Von HUENE & STAHLECKER (op. cit.) ao contato das lavas com camadas situadas abaixo do arenito eólico na área de Santa Maria. Entretanto, nas colinas próximas a Alemôa, assinaladas pelos autores em foco como representativas deste tipo de contato, pode tratar-se de rocha intrusiva; além disso, constata-se a presença de resíduos de arenito eólico em contato com a rocha básica (Fig. 14).

III.2.4.3. — Espessura

Do exposto, conclui-se que a espessura do basalto na região de Santa Maria é bastante variável. Desde que presente, atinge valores inferiores a 2 m (Cerrito) na parte sul da área mapeada, aumentando para norte e nordeste. No cerro de Santa Maria a espessura é de 76 m, alcançando cerca de 160 m no cerro do Baú e 126 m no cerro da Caturrita.

LEINZ (1949), tomando a cota do contato a 270 m, na subida da Serra, calculou em aproximadamente 300 m a espessura global do basalto para a região de Santa Maria, tendo em vista que a cota de 570 m representa o topo da Serra do Pinhal.

III.2.4.4. — Idade

O lugar comum das discussões sobre a idade dos derrames básicos da bacia do Paraná são as datações radiométricas realizadas pelo Laboratório de Geocronologia da Universidade de São Paulo. Uma síntese dos trabalhos realizados até o ano de 1967 foi apresentada por CORDANI & VANDOROS (1967), tendo os mesmos encontrado uma variação de idades desde 119 até 147 milhões de anos, definindo assim um intervalo de 28 milhões de anos para a atividade vulcânica. Referem os mesmos autores que o vulcanismo não se constituiu num processo contínuo através da bacia, mas sim migratório, de um para outro sistema de fraturas.

AMARAL et al. (1966) admitem que o processo desenrolou-se desde a Jurássico Superior até o Cretáceo Inferior, tendo sido máxima a atividade extrusiva no Cretáceo Médio-Inferior, entre 120 e 130 milhões de anos atrás, e não no Rético-Jurássico, como anteriormente se supunha. Esta

opinião é endossada por McDUGAL & RUEGG (1966) sendo que estes autores extrapolam a idade Cretáceo Inferior aos arenitos da Formação Botucatu, pelo menos em sua parte superior, dada às íntimas relações que esses apresentam com os primeiros derrames de lava.

AMARAL et al. (op. cit.) entendem que não existe uma preferência de idades para os basaltos de cada uma das regiões geográficas ocupadas pela Bacia do Paraná. Durante o período de tempo em que as rochas se formaram, todas as partes do Brasil Sul foram ocasionalmente envolvidas por manifestações magmáticas. Assim é que, para o Rio Grande do Sul, estas idades variam entre 111 milhões de anos (Caxias do Sul), no topo da Serra Geral e 130 milhões de anos (poço Itst-1-RS; perfurado na região de Itacurubí, no Município de Santiago), à profundidade de 347 m, para um total de 426 m de basalto.

Já GUIMARÃES (1967), aplicando o método da "dispersão da birrefringência", constata que as idades das rochas basálticas mesozóicas "diminui de sul para norte do Brasil, o que seria de esperar quando se leva em conta o fato do colapso de Gondwana ter-se iniciado no sul e prolongado para o norte".

Deve-se ponderar, entretanto, que a assertiva de GUIMARÃES (op. cit.) é baseada apenas em pouco mais que uma dezena de amostras para toda a Bacia do Paraná, sendo que uma somente do Rio Grande do Sul, enquanto sobem a mais de uma centena as datações realizadas pelos métodos radiométricos.

No que se refere especificamente a área de Santa Maria, nada de efetivo há que referir, pois até o momento nenhuma amostra de basalto desta região foi submetida a qualquer processo de datação absoluta.

IV — HISTÓRIA DA SEDIMENTAÇÃO DO GRUPO SÃO BENTO

A origem fluvial de grande parte dos sedimentitos do Grupo São Bento está evidenciada nas texturas e estruturas das rochas da Formação Rosário do Sul ss., da parte inferior da Formação Santa Maria e do Membro Caturrita, da Formação Botucatu.

O Botucatu ss., aqui também denominado fácies eólica, apresenta, como a própria designação sugere, feições características deste ambiente, fato este aliás reconhecido desde os trabalhos pioneiros sobre a Bacia do Paraná.

Dentro do pacote sedimentar do Grupo São Bento, a Formação Santa Maria apresenta aspectos particulares. O caráter maciço de seus sedimentos calcíferos, a aparente ausência de estruturas primárias, as cores vermelhas generalizadas, a presença de concreções calcíferas de formas irregulares, a fauna e a flora características e a restrição em área, são elementos que, se não de todo exclusivos desta formação, pelo menos servem para particularizá-la dentre as demais unidades no que diz respeito ao ambiente. No conjunto, a sequência de "red beds" do Grupo São Bento representa a evolução de um processo ambiental no qual muitas variáveis entraram em jogo, envolvendo o clima, o relevo, o tipo de material e o ambiente tectônico da área fonte e da bacia de sedimentação.

IV.1. — A sedimentação fluvial Rosário do Sul

O processo deposicional iniciou com a acumulação dos sedimentos fluviais da Formação Rosário do Sul ss., derivados de um sistema complexo de drenagem. A sedimentação arenosa, entremeados de clásticos mais finos, evidencia uma área fonte de relevo pouco acentuado. De acordo com GAMERMANN (op. cit), "a disposição espacial e estruturas destas litologias nos sugere uma origem fluvial, onde os arenitos mais grosseiros são produto direto das correntes, e as litologias mais finas, de deposição lateral nas planícies de inundação, durante os períodos de extravasamento das correntes". As estruturas primárias, a má classificação dos sedimentos, os valores positivos da assimetria e outras características da Formação, coincidem com a opinião de FRIEDMAN (1961) a respeito do ambiente fluvial, para quem o fato do transporte fluvial, assim como o eólico, resultarem de um fluxo unidirecional, fornece a explicação para a assimetria geralmente positiva de suas areias.

A sedimentação da Formação Rosário do Sul ss. constituiu o início de um processo gradual de assessoramento da bacia, com uma atividade de correntes que, partindo de áreas do Escudo Sulrio-grandense situadas ao Sul e Sudoeste, dirigiam-se para áreas continuamente em agradação a Norte e Nordeste. Este processo, subsequente à sedimentação calma do Grupo Passa Dois, indica uma

atividade epirogênica ascensional marginal, que proporcionou um condicionamento especial à porção meridional da Bacia do Paraná. A tendência ipirogenética manifestava-se no Rio Grande do Sul já desde os tempos Passa Dois; neste caso, porém, afetando diretamente o domínio da bacia, uma vez que nesta região estão ausentes (pelo menos na faixa de afloramentos da Depressão Periférica) as unidades que compõem o Sub-Grupo Rio do Rasto da parte central da bacia. Estas unidades ou teriam sido erodidas antes do início da sedimentação do Grupo São Bento ou simplesmente não foram depositadas. Este fato, aliás, pode também ser constatado no Estado de São Paulo, onde a Formação Botucatu assenta diretamente sobre rochas da Formação Estrada Nova. Após este período de erosão ou não deposição, o realce da área marginal à bacia reativou o sistema da drenagem, permitindo novamente a fixação de sedimentos na sua porção Sul, pois ao que tudo indica somente no Rio Grande do Sul e Uruguai verificou-se a sedimentação flúvio-lacustre do tipo piedmont, representada respectivamente pelas formações Rosário do Sul ss. e Yaguari.

As implicações deste processo sugerem, pois, a existência de um hiato entre a sedimentação do Grupo Passa Dois e do Grupo São Bento, dedução esta reforçada pelo fato, já apontado, da continuidade de sedimentação Rosário do Sul ss.-Santa Maria; sendo esta última do Triássico Superior, é pouco provável que a primeira seja mais antiga que o Triássico.

IV.2. — A sedimentação da formação Santa Maria

Tendo a sedimentação fluvial alcançado um limite, pelo rebaixamento das áreas marginais e agradação da bacia de sedimentação, originaram-se amplas áreas inundadas de águas rasas, passando eventualmente a uma condição palustre, onde se depositaram os sedimentos da Formação Santa Maria. A interdigitação de clásticos finos com grosseiros na base da fácies Passo das Tropas revela que nesta época coexistiam os ambientes fluvial e lacustre. Os remanescentes de esfenófitas e pteridospermas (Coristospermaceae) vêm em apoio desta assertiva, pois são organismos que vegetam em locais arenosos e com abundância de água (KRAUSEL, 1961). Sua associação com restos de peixes e conchostráceos exige, por outro lado, condição sub-aquosa.

Um fato que merece consideração especial é o aspecto maciço dos lamitos com répteis da fá-

cies Alemôa e a condição responsável pela sua deposição. WHITE (1961) afirma que as razões para a presença ou não de fissilidade em sedimentitos argilosos, está relacionada com o ambiente químico-coloidal da área de deposição. Num meio disperso os argilo-minerais assentam como partículas individuais, com seus eixos paralelos e a fissilidade se desenvolve naturalmente na massa. Quando o cálcio e outros íons entram no sistema, há uma tendência à floculação do mesmo, ocasionando então um assentamento dos minerais em flocos, nos quais os argilo-minerais são orientados ao acaso. WHITE (op. cit.) refere-se também à experiência com NaCl ou outros sais que, em percentagens maiores ou menores numa solução aquosa podem provocar a floculação do material, dependendo das quantidades relativas de argila que entram numa bacia de sedimentação e da altura relativa do corpo de água. Quanto mais baixo o nível da água, maior a concentração de sais e, como consequência, maior a probabilidade de floculação dos minerais argilosos. Outros autores justificam o caráter maciço dos sedimentitos como resultado da atividade de organismos por ocasião da sedimentação, provocando a destruição das feições primárias. Deduz-se pois que para o caso da fácies Alemôa, tanto uma quanto outra situação pode ter contribuído para originar o sedimentito maciço. A presença de cálcio é manifesta nestas rochas, enquanto que a abundância de restos reptilianos no interior dos lamitos em todos os níveis estratigráficos, indica que a atividade destes animais contribuiu com grande parcela para a destruição das feições de acamadamento.

O clima que imperou no decorrer da sedimentação das formações Rosário do Sul ss. e Santa Maria deve ter sido quente, com periodicidade de estações úmidas e secas; não é possível entretanto, dada a falta de melhores elementos, referir-lo a um tipo característico. As interpretações climáticas obtidas com base nos remanescentes orgânicos, especialmente presentes na Formação Santa Maria, nos dirigem para uma inferência neste sentido. Os sedimentitos da fácies Passo das Tropas exibem uma associação de restos de peixes, conchostáceos e vegetais, cujo habitat é francamente aquoso ou paludal, exigindo portanto uma condição climática úmida. As evidências sobre o clima deduzidas dos vertebrados fósseis são aparentemente menos importantes que as derivadas do caráter dos sedimentitos e dos restos vegetais (ROMER, 1961). Apesar disto, as circunstâncias sob as quais morreram os vertebrados podem ser interessantes para a interpretação do ambiente. A presença, na formação Santa Maria, de esqueletos articulados, não

raramente dispostos diagonalmente com relação ao pacote sedimentar, sugere que o habitat destes animais variava entre a zona marginal e o interior da bacia de sedimentação de águas rasas e pantanosas, tendo os répteis que aí viviam sucumbido no próprio local onde são encontrados, pois salvo raras exceções não há nada que indique um transporte prolongado de seus restos. De acordo ainda com ROMER (op. cit.), é provável que certas características funcionais dos vertebrados existam desde há muito. Na sua opinião, é possível que a falta de um mecanismo interno efetivo de controle de temperatura tenha sido já uma característica da maioria (se não da totalidade) dos répteis extintos, como o é nos atuais, e isto, portanto, possibilita razoáveis deduções sobre as temperaturas do passado com base na presença ou ausência de répteis. No que se relaciona à fácies Alemôa, portanto, isto nos permite deduzir que a temperatura ambiente, na época em que viveram os répteis, deveria ter sido quente, com pequenas diferenças entre os valores extremos, já que estes seres são fisiologicamente controlados pelas temperaturas do ambiente em que vivem.

Podemos nos valer, ainda, da presença de restos silicificados de coníferas, presentes na Formação Rosário do Sul ss. (da mesma forma que no Membro Caturrita, da Formação Botucatu), cujos anéis de crescimento são excepcionalmente desenvolvidos, para acrescentar, de acordo com KRÄUSEL (1961), mais uma evidência de variações climáticas sazonais e o afastamento da hipótese de florestas quentes e úmidas do tipo tropical, impróprias para o desenvolvimento deste tipo de vegetais.

A presença de montmorilonita nos sedimentitos de ambas as formações afasta a possibilidade de clima tropical, sob o qual ela certamente seria transformada em caolinita. Tal dedução nos leva a considerar o problema relacionado com a cor vermelha dos mesmos. De acordo com Van HOUTEN (1961), as idéias presentemente aceitas para explicar a origem do pigmento hematítico das "red beds" asseguram que o mesmo desenvolveu-se e concentrou-se em solos de áreas elevadas, sob um clima quente e úmido, com precipitações pluviais sazonais, tendo sido depositado rapidamente como sedimento detrítico em um ambiente oxidante. O arcabouço tectônico da região controla, parcialmente, as condições favoráveis para o suprimento, transporte e deposição do pigmento. A deposição rápida num ambiente preserva os óxidos, originalmente sob a forma de hidro-hematita (cor marrom) que após sedimentada, e pelo efeito do tempo, é

convertida em hematita. Tal esquema parece concordar com o que se pode deduzir para a seqüência ora descrita e com o que refere MILLOT (1964) sobre o assunto: "Os climas sob os quais se acumularam os sedimentos vermelhos se situam a igual distância dos climas temperados e dos climas inter-tropicais úmidos. As possibilidades, são extremamente variadas, mas se pode reconstituir seus traços mais importantes: climas quentes, alternativamente úmidos e secos".

IV.3. — Intervalo Erosional Pré-Botucatu

A sedimentação Santa Maria seguiu-se numa fase erosiva, caracterizada na área de Santa Maria por uma discordância entre os lamitos com répteis e as rochas da formação Botucatu. O hiato evidenciado nesta descontinuidade, não foi possível de ser avaliado com certeza, se do provável que compreenda o Noriano, o Rético e talvez a parte inferior do Jurássico. A erosão pré-Botucatu, ao que tudo indica, foi o resultado de uma tendência ascensionais generalizada através de toda a bacia pois a sedimentação Botucatu é discordante sobre diferentes formações, caracterizando uma transgressividade em relação às unidades subjacentes. Assenta discordantemente sobre a Formação Santa Maria na parte central do Rio Grande do Sul e sobre a Formação Rosário do Sul ss. fora dos domínios da primeira; sobre a Formação Rio do Rasto em Santa Catarina; sobre a Formação Estrada Nova na faixa de afloramentos do leste de São Paulo; sobre rochas Devonianas na Chapada dos Guimarães, no Mato Grosso e, finalmente, transgride sobre rochas pré-cambrianas do Embasamento Cristalino no sul de Minas Gerais e norte de São Paulo. Esta situação mostra um basculamento regional da Bacia do Paraná, tanto mais acentuado quanto mais em direção ao Norte.

As formações Santa Maria e Rosário do Sul ss., à luz deste comportamento, foram depositadas em uma bacia com tendência nitidamente regressiva em uma área restrita, capaz ainda de reter sedimentos numa época em que, mais ao Norte, as outras unidades sofriam erosão e/ou não deposição. Os detritos foram supridos às expensas das áreas marginais do Escudo Sul-rio-grandense e, em parte, da erosão dos próprios sedimentitos paleozóicos do norte da bacia.

IV.4. — A Sedimentação da Formação Botucatu

As condições climáticas úmidas que reinaram nos tempos Rosário do Sul ss. e Santa Maria permaneceram ainda por algum tempo após a fase erosiva, pelo menos localmente. Verifica-se, então, a deposição dos sedimentitos do Membro Caturrita, em condições similares às que dominaram por ocasião da sedimentação Rosário do Sul ss.. Esta fase foi efêmera, pois ainda que a espessura do Caturrita chegue a alcançar 90 m, seus sedimentitos desapareceram rapidamente, sendo então a Formação Botucatu representada apenas pelos arenitos cólicos. A capacidade dos rios era reduzida, pois os arenitos em geral são finos (Tabela III) e alternam ou se interdigitam freqüentemente com siltitos e folhelhos. Se bem que esta tenha sido a situação dominante, atividades torrenciais periódicas devem ter ocorrido, proporcionando meios para que eventualmente fossem transportados, correntes abaixo, troncos de grande diâmetro, como os que aparecem nos arenitos do afloramento do Grupo Escolar Xavier da Rocha.

O contato transicional entre os sedimentitos fluviais e os eólicos sugere que pelo menos na fase inicial da atividade desértica coexistiam ainda os dois ambientes. Aparentemente houve uma passagem gradual de um clima semi-árido para árido, quando então passou a imperar francamente a sedimentação eólica. De acordo com BIGARELLA & SALAMUNI (1967) esta variação climática pode ter sido devida ao arrasamento das áreas elevadas à Oeste, que permitiram a passagem dos ventos secos de uma célula de alta pressão originada nos mares Juro-Cretáceos do oeste do Continente Americano.

IV.5. — Vulcanismo Básico

Uma fase erosiva verificou-se antes que as lavas basálticas principiassem a se derramar sobre os sedimentitos da Formação Botucatu. No Rio Grande do Sul as rochas de derrame ocupam, atualmente, a metade do território do Estado. Trata-se de uma atividade magmática resultante de um fissuramento da crosta provocado por esforços de distensão, que permitiram a ascensão das massas magmáticas (LEINZ, 1949).

O clima árido que imperou durante a deposição da fácies eólica continuou nos tempos Serra

Geral; evidências de arenitos inter-derrames foram constatadas em vários locais da Bacia do Paraná e mesmo na área de Santa Maria, onde pudemos observar algumas ocorrências.

V — CORRELAÇÕES

A seqüência constituída pelas Formações Rosário do Sul ss. e Santa Maria não apresenta similar na porção setentrional da Bacia do Paraná. BEURLEN et al. (1955) já haviam chamado a atenção para este problema, enfatizando a ausência das camadas superiores da Formação Estrada Nova e toda a seqüência do Rio do Rasto no Rio Grande do Sul. Denominaram "Formação Santa Maria" ao conjunto dos sedimentitos arenosos sobrepostos à "Formação Serra Alta", compreendendo os arenitos vermelhos inferiores, às vezes com estratificação cruzada, e as "argilas" fossilíferas da Formação Santa Maria.

GAMERMANN (1973) reúne os mesmos sedimentitos na sua Formação Rosário do Sul, subdividindo-a e numa fácies fluvial, inferior, e em outra lacustre, que denominou fácies Santa Maria. Correlaciona esta formação com a fácies Piramboia, de São Paulo, de acordo com o es-

quema abaixo reproduzido (Quadro nº 3), na parte que interessa à presente discussão. Somos de parecer, reafirmamos, que o conjunto formado pelas formações triássicas subjacentes ao Botucatu não apresenta equivalentes, quer temporal quer geneticamente, no Estado de São Paulo. Não existe nenhuma evidência da presença de camadas portadoras de fósseis (répteis e vegetais, especialmente), que permitam estabelecer uma correlação cronoestratigráfica entre a Formação Santa Maria e qualquer outra unidade da Bacia do Paraná.

Parece-nos, por outro lado, que uma série de eventos similares, nas partes norte e sul da bacia, aconteceram após a sedimentação da Formação Santa Maria iniciando com o soerguimento generalizado da área de sedimentação, que provocou o hiato entre as formações Santa Maria e Botucatu e culminando com os derrames básicos da Serra Geral. De acordo com esta idéia, correlacionamos o Membro Caturrita do Botucatu do Rio Grande do Sul com a fácies Piramboia, no sentido que a ela atribuem os geólogos paulistas, da mesma forma que as fácies eólicas que ocorrem numa e noutra partes da Bacia do Paraná. Esta idéia, aliás, BORTOLUZZI & BARBARENA (1967) já haviam manifestado em discussão preliminar sobre o assunto.

Q U A D R O N º 3

(Apud GAMERMANN, 1973)

	RIO GRANDE DO SUL	SÃO PAULO
	Botucatu	Botucatu
Triássico	<div> <div>Rosário do Sul</div> <div> Fácies S. Maria Fácies fluvial </div> </div>	<div> <div>Piram. bóia</div> <div> Fácies Santana Fácies fluvial </div> </div>
Permiano	Estrada Nova	Estrada Nova

O Quadro nº 4 expressa nossa opinião a respeito da constituição do Grupo São Bento no Rio Grande do Sul, e as prováveis correlações com as unidades presentes na parte norte da Bacia.

Q U A D R O N º 4

	I d a d e s	Região de Santa Maria-RS Unidades Estratigráficas	Norte da Bacia do Paraná
GRUPO SÃO BENTO	Cretáceo Jurrásico	Fm. Serra Geral	Fm. Serra Geral
		Discordância	
	Jurássico ?	Fm. Botucatu Botucatu ss. Membro Caturrita	Fm. Botucatu Fácies Santana + Fácies Eólica Fácies fluvial (Pirambóia)
		Discordância	
	Triássico Superior	Fm. Santa Maria Fm. Rosário do Sul ss.	Hiato
		Discordância	
	Permiano	Grupo Passa Dois	Grupo Passa Dois

VI — CONCLUSÕES

O Grupo São Bento na área de Santa Maria é constituído pelas formações Rosário do Sul ss., Santa Maria, Botucatu e Serra Geral (Fig. 22). A Formação Rosário do Sul ss. é aqui considerada como sendo a parte inferior da Formação Rosário do Sul de GAMERMAN (op. cit.). É constituída essencialmente de arenitos vermelhos, com estratificações cruzadas acanaladas, e, subsidiariamente, por clásticos finos (siltitos e eventualmente folhelhos), depositados em ambiente fluvial (calhas e planícies de inundação).

A Formação Santa Maria compreende, na área de sua "secção-tipo", uma fácies inferior e outra superior: a primeira (fácies Passo das Tropas) é constituída por cerca de 25 m de arenitos grosseiros e conglomeráticos, contendo bolsões de conglomerados à base de clastos de argila e silito vermelhos com restos da flora *Dicroidium*; o horizonte arenoso interdigita-se, superiormente, com siltitos e folhelhos vermelhos, com fósseis vegetais, conchostráceos e restos de peixes. A superior (fácies Alemôa) é composta por 50 a 55 m de lamitos vermelhos, contendo concreções calcíferas e uma fauna reptiliana característica. É uma formação restrita à coluna gonduânica do Es-

Fig. 22 — Seção colunar mostrando a sequência do Grupo São Bento na região de Santa Maria.

tado do Rio Grande do Sul, possui extensão regional, pode ser reconhecida por seus atributos lito e paleontológicos e é mapeável na escala 1:25.000. Deve, portanto, ser mantida dentro desta categoria de unidades litoestratigráficas. Sua "secção-tipo" está situada às vizinhanças da cidade de Santa Maria, ao longo do trajeto que vai do Passo das Tropas ao corte ferroviário da Vila Kennedy (ou do antigo Matadouro Municipal, linha A-B, Mapa nº 1 e secção-tipo anexa). Seus sedimentitos são continentais, depositados em condições fluvio-lacustres. A flora e a fauna de invertebrados indicam idade Triásico Superior para a formação; sua fauna reptiliana revela características evolutivas que permitem situá-la no Carniano (COLBERT, 1970), aproximando sua idade à das camadas Ischigualasto, da República Argentina. O contato inferior da formação é concordante, enquanto se verifica através de uma discordância erosiva na parte superior.

A Formação Botucatu é constituída, na faixa mapeada, de duas partes: uma inferior, de caráter fluvial e outra eólica, superior, que guardam entre si uma relação de contato concordante.

A unidade basal, para a qual propomos a designação Membro Caturrita, apresenta uma espessura de 80 m na secção do cerro da Caturrita (Fig. 15), aqui considerada como tipo para o Membro em questão. Na secção que vai do km 128, da BR-158, até o topo do Cerrito (Fig. 10) esta espessura poderá alcançar até 100 m. Compreende arenitos vermelhos e púrpura, com estratificações cruzadas acanaladas e planares, portadores de troncos silicificados; siltitos e folhelhos vermelhos, localmente com restos (impressões) de vegetais mal preservados, conchostráceos e escamas de peixes. O conteúdo paleontológico atualmente conhecido não é suficiente para a determinação da idade deste depósito.

Os sedimentitos eólicos (Botucatu ss.) são constituídos exclusivamente de arenitos finos, moderadamente a bem classificados, vermelhos e amarelos, com estratificações cruzadas em cunha, de

grande porte. São afossilíferos e apresentam espessura de até 140 m.

O estudo comparativo dos parâmetros sedimentológicos evidencia diferenças significativas entre os sedimentitos do Membro Caturrita e os das formações Santa Maria e Botucatu ss. Não são notáveis, por outro lado, as que existem entre a Formação Rosário do Sul e o Membro Caturrita, já que ambas resultaram de um mesmo processo genético; apesar disto, alguns parâmetros poderão servir como elementos distintivos. As diferenças que poderiam ser apontadas entre estas unidades são as que seguem:

— No Membro Caturrita os sedimentitos são unimodais, com a classe modal principal situada entre 2 e 3 ϕ ; as curvas são essencialmente leptocúrticas (95%) e predominam os grãos mamelonares polidos. Na Formação Rosário do Sul ss., os sedimentitos apresentam tendência à bimodalidade, com a classe modal principal situando-se entre 3 e 4 ϕ ; há menor incidência de curvas leptocúrticas (73%) e predominam os grãos mamelonares foscas.

— A fácies eólica é exclusivamente constituída de arenitos finos, moderadamente a bem classificados, vermelhos e amarelos, com estratificações cruzadas em cunha, de grande porte. Os arenitos são afossilíferos na área de Santa Maria.

— O estudo mineralógico das argilas evidencia a predominância da montmorilonita para todas as unidades sedimentares do Grupo São Bento. Deve-se observar, entretanto, a presença quase maciça deste mineral no Botucatu ss. enquanto o Membro Caturrita apresenta grande variação composicional. A presença de illita e caolinita na maioria das amostras deste último poderá servir, eventualmente, como um caráter distintivo entre os seus sedimentitos e os da fácies eólica, da mesma forma que entre os do Membro Caturrita e os da Formação Rosário do Sul ss.

A Formação Serra Geral alcança espessura superior a 300 m. Inclui arenitos inter-derrames e o seu contato com a Formação Botucatu é discordante.

Foto nº 1 — Testemunhos da Serra Geral na área de Santa Maria. Da esquerda para a direita aparecem o cerro da Alemôa, o Cerrito e o cerro Mariano da Rocha.

Foto nº 2 — Lamitos da fácies Alemôa, no afloramento da Sangra Grande.

Foto nº 3 — Estratificações cruzadas planares nos arenitos basais da fácies Passo das Tropas, no afloramento do Passo das Tropas.

Foto nº 4 — Siltitos da fácies Passo das Tropas com restos da flora DI-CROIDIUM. Afloramento do Parque Dom Antônio Reis.

Foto nº 5 — Contacto discordante entre os lamitos da fácies Alemôa e os arenitos do Membro Caturrita, no afloramento da Vila Kennedy.

Foto nº 6 — Detalhe dos lamitos da fácies Alemôa, podendo-se observar níveis sub-paralelos de concreções calcíferas. Corte ferroviário da Vila Kennedy.

Foto nº 7 — Discordância erosiva separando os arenitos do Membro Caturrita e os lamitos da fácies Alemôa. Afloramento do km 128, da BR-158, em Santa Maria.

Foto nº 8 — Estratificações cruzadas acanaladas nos arenitos do Membro Caturrita. Afloramento da estrada Santa Maria-Camobi (km 3, Sanga Ribas), próximo ao cruzamento com a BR-158.

Foto nº 9 — Arenitos do Membro Caturrita contendo troncos silificados.
Afloramento do Grupo Escolar Xavier da Rocha.

Foto nº 10 — Contacto transicional entre sedimentitos do Membro Caturrita e arenitos eólicos do Botucatu ss.. Corte da antiga estrada Santa Maria-Cruz Alta, junto ao portal da Granja do Menino Deus (Bairro Icararé Santa Maria).

Foto nº 11 — Contato brusco entre lutitos do Membro Caturrita e arenitos eólicos da Formação Botucatu. Afloramento do Santuário, na estrada Santa Maria-Júlia de Castilhos (BR-158), próximo ao viaduto do Vale dos Diabos.

Foto nº 12 — Contato entre o Botucatu ss. e basalto da Formação Serra Geral, no cerro do Linck. A inclinação do contato é de 20°.

VII — BIBLIOGRAFIA

- ALMEIDA, F.F.M. — 1950 — Uma Fáunula de Crustáceos Bivalvos do Arenito Botucatu no Estado de São Paulo. *Boletim da Divisão de Geologia e Mineralogia*, Rio de Janeiro, 134:1-37, 8 fig., est. 1-IV.
- 1954 — Botucatu, um Deserto Triássico da América do Sul. *Notas Preliminares e Estudos da Divisão de Geologia e Mineralogia*, Rio de Janeiro, 86:1-21, 9 fig.
- 1964 — Grupo São Bento. *Boletim do Instituto Geográfico e Geológico*, São Paulo, 41:85-101, 3 fig.
- & BARBOSA, O. — 1953 — Geologia das Quadrículas de Piracicaba e Rio Claro, Estado de São Paulo. *Boletim da Divisão de Geologia e Mineralogia*, Rio de Janeiro, 143:1-96, 45 fig., 7 tab.
- AMARAL, et alii — 1966 — Potassium — Argon dates of basaltic rocks from Southern Brasil. *Geochimica et Cosmochimica Acta*, Oxford, 20:159-189.
- BELTRÃO, R. — 1965 — Paleontologia de Santa Maria e São Pedro do Sul — Rio Grande do Sul — Brasil. *Boletim da Universidade Federal de Santa Maria, Instituto de Ciências Naturais*, Santa Maria, 2:1-114, 58 fig., 4 mapas.
- BEURLIN, K. — 1953 — Estratigrafia e Paleografia das Formações Gondwânicas no Sul do Brasil. *Notas Preliminares e Estudos da Divisão de Geologia e Mineralogia*, Rio de Janeiro, 59:1-10.
- 1955 — Formações Gondwânicas do Sul do Estado do Paraná. *Boletim da Divisão de Geologia e Mineralogia*, Rio de Janeiro, 153:1-52.
- ; SENA SOBRINHO, M.; MARTINS, K. — 1955 — Formações Gondwânicas do Rio Grande do Sul. *Boletim do Museu Nacional, Série Geologia*, Rio de Janeiro, 22:1-55, 33 fig.
- BIGARELLA, J.J. — 1949 — Contribuição à Petrografia dos Arenitos da Série, São Bento. *Boletim do Instituto de Biologia e Pesquisas Tecnológicas*, Curitiba, 4:141-214, 35 fig., 18 tab.
- ; HARTKOFF, C.C.; SOBANSKI, A.; TREVISAN, N. — 1955 — Textura superficial dos Grãos em Areias e Arenitos (Contribuição à Metodologia). *Arquivos de Biologia e Pesquisas Tecnológicas*, Curitiba, 10:253-75, 17 fig., 4 tab.
- & SALAMUNI, R. — 1959 — Contribuição ao Estudo da Estratificação Cruzada nos Arenitos Mesozóicos do Brasil Meridional e Uruguai. *Dusênia*, Curitiba, 8(2):45-60, 4 fig., 4 tab.
- & — 1961 — Early wind patterns as suggested by dune bedding in the Botucatu Sandstone of Brazil and Uruguay. *Bulletin of the Geological Society of America*, New York, 72:1089-106.
- BJORNBERG, A.J.S. & LANDIN, P.M.B. — 1966 — Sobre os arenitos da Serra da Mantiqueira e os arenitos da Formação Botucatu (Eocretáceo). *Boletim Paranaense de Geografia*, Curitiba, 18/20:19-24, est. V-VIII.
- BONAPARTE, J.F. — 1966 — Una nueva fauna triássica de Argentina (Therapsida: Cynodontia-Dicynodontia) — consideraciones filogenéticas y paleobiogeográficas. *Ameghiniana*, Buenos Aires, 4(8):243-96.
- BONAPARTE, J.F. — 1970 — Annotated List Of The South American Triassic Tetrapods. *Proc. & Papers rep. from the Second Gondwana Symposium*, Pretoria, South Africa, 665-682, 45 fig., tab.
- BORTOLUZZI, C.A. — Etude de quelques empreintes de la flore gondwanienne du Brésil. (Trabalho apresentado no 95^o. Congrès National des Sociétés Savantes, Reims, France) [No prelo]
- & BARBERENA, M.C. — 1967 — «The Santa Maria Beds in Rio Grande do Sul — Brasil» In: BIGARELLA, J.J.; BECKER, R.D.; PINTO, I.D. — *Problems in Brazilian Gondwana Geology*. Curitiba, CNPq, p. 169-95, 7 fig., pl. 63-73.
- CARDOSO, R.N. — 1965 — Sobre ocorrências no Brasil de Monoleiophinae e Afrograptidae, conchostráceos carenados. *Boletim da Divisão de Geologia e Mineralogia*, Rio de Janeiro, 221:1-35, 6 fig., 3 pl.
- CARDOSO, R.N. — 1966 — Conchostráceos do Grupo Bahia. *Boletim do Instituto de Geologia*, São Paulo, 3(1):51-62, 1 mapa, 9 gráf., microfotos.
- CARVALHO, P.F. de — 1932 — Reconhecimento geológico no Estado do Rio Grande do Sul. *Boletim do Serviço Geológico e Mineralógico do Brasil*, Rio de Janeiro, 66:1-7, 2 mapas, 1 perfil.
- CASTER, K.E. — 1952 — Stratigraphic and paleontologic data relevant to the problem

- of Afro-America ligation during the Paleozoic and Mesozoic. *Bulletin of the American Museum of Natural History*, New York, 99(3):105-52, 16 fig.
- COLBERT, E.H. — 1952 — «The Mesozoic Tetrapods of South America». In: MAYR, E. The Problem of Land Connections Across the South Atlantic, with Special Reference to the Mesozoic. *Bulletin of the American Museum of Natural History*, New York, 99:237-47.
- 1963 — Relationships of the Triassic Reptilian Faunas of Brazil and South Africa. *South African Journal of Science*, Johannesburg, 59(5):248-53, 1 map.
- 1964 — «Climatic Zonation and Terrestrial Faunas». In: NAIRN, A.E.M. — *Problems in Palaeoclimatology*. New York, Interscience, p.617-42, 11 fig.
- 1970 — A Saurischian Dinosaur from the Triassic of Brazil. *American Museum Novitates*, New York, 2405:1-39, 14 fig. 2 tab.
- CORDANI, U.G. & VANDOROS, P. — 1967 — «Basaltic rocks of the Paraná Basin». In: BIGARELLA, J.J.; BECKER, R.D.; PINTO, I.D. — *Problems in Brazilian Gondwana Geology*. Curitiba, CNPq, -p.207-31, 5 fig., 5 tab.
- COX, C.B. — 1965 — New Triassic Dicynodonts from South America. Their origins and relationships. *Phil. Trans. Roy. Soc. Lond., B*, 248, 753:457-516.
- DELANEY, P.J.V. & GONI, J.C. — 1963 — Correlação Preliminar entre as Formações Gondwânicas do Uruguai e do Rio Grande do Sul, Brasil. *Boletim Paranaense de Geografia*, Curitiba, 8/9:3-21, 1 fig., 1 mapa.
- DU TOIT, A.L. — 1952 — Comparação geológica entre a América do Sul e a África do Sul. Rio de Janeiro, IBGE, 179p. pl. 1-12, 1 mapa. Trad. revista e Anotada por K. E. Caster e J.C. Mendes.
- FIGUEIREDO FILHO, P.M. de — 1972 — A faciologia do Grupo Passa Dois no Rio Grande do Sul. *Rev. Brasil. Geoc.*, São Paulo, 2(4):216-235, 6 fig., 5 fot.
- FIUSA DA ROCHA, J. & SCORZA, E.P. — 1940 — Estratigrafia do Carvão em Santa Catarina. *Boletim da Divisão de Geologia e Mineralogia*, Rio de Janeiro, 104:1-162, 34 fig., 6 perfis, microfotos 1-8.
- FOLK, R.L. & WARD, W.C. — 1957 — Brazos River bar: study in the significance of grain size parameters. *Journal of Sedimentary*, Tulsa, 27(1):3-26, 19 fig.
- FORMOSO, M.L.L. & WILLIG, C.D. — As Unidades «Red Red» no Rio Grande do Sul e sua Aplicações Tecnológicas (Nota Preliminar). Porto Alegre, Escola de Geologia da UFRGS. 2 fls. datil. [Inedito]
- FRIEDMAN, G.M. — 1962 — On Sorting, Coefficients and the Lognormality of the Grain-size distribution of Sandstone. *Journal of Geology*, Chicago, 70(6):737-53, 4 tab., 10 fig.
- 1961 — Distinction between Dune, Beach and River Sands, from their textural characteristics. *Journal of Sedimentary Petrology*, Tulsa, 31(4):514-29, fig. 1-8.
- 1967 — Dynamic process and statistical parameters compared for size frequency distribution of beach and river sands. *Journal of Sedimentary Petrography*, Tulsa, 37(2):327-55.
- GAMERMANN, N. — 1973 — Formação Rosário do Sul. *Pesquisas do Instituto de Geociências*, Porto Alegre, 2:5-35, 7 fig., 1 seção-tipo.
- GONI, J.C. & DELANEY, P.J.V. — 1961 — Estudo Estatístico de Minerais Pesados da Formação Botucatu, Rio Grande do Sul (Brasil) e Uruguai. *Boletim da Universidade Federal do Paraná: Geologia*, Curitiba, 6:1-27, 14 fig., 2 tab.
- GONZAGA DE CAMPOS, L.F. — 1889 — Relatório da Comissão Geographica e Geologica de São Paulo. São Paulo, p.21-34.
- GORDON JUNIOR, M. — 1947 — Classification of the Gondwanic rocks of Paraná, Santa Catarina and Rio Grande do Sul. *Notas Preliminares e Estudos da Divisão de Geologia e Mineralogia*, Rio de Janeiro, 38:1-19.
- & BROWN, R. — 1952 — Plantas Triássicas do Rio Grande do Sul. *Notas Preliminares e Estudos da Divisão de Geologia e Mineralogia*, Rio de Janeiro, 54:1-7, pl. 1.
- GUIMARÃES, D. — 1931 — Magma Basáltico do Brasil Meridional. *Anais da Academia Brasileira de Ciências*, Rio de Janeiro, 3(1):13-27.
- 1967 — Um Novo Método de Determinação de Idade Absoluta. *Boletim da Divisão de Geologia e Mineralogia*, Rio de Janeiro, 240:1-27.
- HOLDHAUS, K. — 1919 — Sobre alguns lamelibranchios fósseis do sul do Brasil.

- Monographia do Serviço Geológico e Mineralógico do Brasil, Rio de Janeiro, 2:1-24, 2 est.
- HUENE, F. von — 1939a — Die Altersbeziehungen der Sudamerikanischen Gondwana-Fauna. *Physis*, Buenos Aires, 14:489-97.
- 1939b — Die Verwandtschaftsschichte der Rhynchosauriden des Sudamerikanischen Gondwanalandes. *Physis*, Buenos Aires, 14:499-522, 13 fig.
- 1942 — Die Fossilen Reptilien des Sudamerikanischen Gondwanalandes. In: *Ergebnisse der Sauriergrabungen in Südbrasilien. 1928-1929*, part 3/4, 180p., 42 pls., Munique.
- & STAHLER, R. — 1931 — Geologische Beobachtungen in Rio Grande do Sul. *Neues Jahrbuch für Mineralogie, Geologie und Palaeontologie; Abhandlungen*, Stuttgart, 65(1):1-82, fig. 1-22, pl. 1
- & — 1931 — Observações geológicas no Rio Grande do Sul. *Boletim do Instituto de Ciências Naturais da Universidade Federal de Santa Maria*, Santa Maria, 3:1-62, 1968. 12 fig., (Tradução de BELTRÃO, R. e NEUMAIER, M., 1968).
- ISSLER, R.S. — 1970 — O problema dos Toleiítos, Séries Toleiíticas e a Série Toleiítica da Bacia do Paraná. *Boletim da Escola de Geologia da Universidade Federal do Rio Grande do Sul*, Porto Alegre, 18:1-26, 9 fig.
- KATOO, Y. — 1971 — Conchostráceos mesozóicos do Sul do Brasil: contribuição à estratigrafia das formações Santa Maria e Botucatu. Porto Alegre, Instituto de Geociências da UFRGS, 87p., 4 fig., est. 1-13. [Dissertação de Mestrado]
- KING, L.C. — 1961 — «The Palaeoclimatology of Gondwanaland during the Paleozoic and Mesozoic Eras». In: NAIRN, A.E.M. — *Descriptive Palaeoclimatology*. New York, Interscience, p.307-31, fig. 1-4.
- KRAUSEL, R. — 1961 — «Paleobotanical Evidence of Climate». In: NAIRN, A.E.M. — *Descriptive Palaeoclimatology*. New York, Interscience, p.227-54.
- KRUMBEIN, W.C. — 1941 — Measurement and Geological Significance of Shape and Roundness of Sedimentary Particles. *Journal of Sedimentary Petrology*, Tulsa, 11(2):64-72, pl. 1, fig. 1-5, tab. 1-4.
- & SLOSS, L.L. — 1950 — *Stratigraphy and Sedimentation*. San Francisco, FREEMAN, 497p.
- LEINZ, V. — 1938 — A silificação nos Sedimentos Gondwânicos no Sul do Brasil e sua origem. *Publicação Especial do Serviço de Fomento da Produção Mineral*, Rio de Janeiro, 5:1-23.
- 1949 — Contribuição à Geologia dos Derrames Basálticos do Sul do Brasil. *Boletim da Faculdade de Filosofia Ciências e Letras da Universidade de São Paulo: Geologia*, São Paulo, 5:1-61, 22 fig. 9 fot., 5 tab.
- MAACK, R. — 1947 — Breves notícias sobre a Geologia dos Estados do Paraná e Santa Catarina. *Arquivos de Biologia e Tecnologia*, Curitiba, 2:63-154, 15 fig. 71 est..
- 1952 — O desenvolvimento das Camadas Gondwânicas do Sul do Brasil e suas relações com as formações Karu da África do Sul. *Arquivos de Biologia e Tecnologia*, Curitiba, 8:201-53, 6 fig.
- MCDUGAL, I. & RUEGG, N.R. — 1966 — Potassium-argon dates on the Serra Geral Formation of South America. *Geochimica et Cosmochimica Acta*, Oxford, 30:191-5.
- MACHADO, E.R. & CASTANHO, O.S. — 1957 — Pesquisa de Carvão mineral na faixa gondwânica do Rio Grande do Sul 1ª Etapa — Trecho Arroio Taquara (Minas do Leão, São Jerônimo) Arroio Capanezinho (Cachoeira do Sul). Porto Alegre, Departamento Autônomo de Carvão Mineral, 42p., 13 fig.
- MARTINS, L.R. — 1967 — Aspectos texturais e deposicionais dos sedimentos praias e eólicos da Planície Costeira do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, *Publicação Especial da Escola de Geologia da UFRGS*, 13:1-102, 24 fig.
- 1969 — Propriedades Texturais dos Sedimentos Litorâneos de Santa Catarina. I-Areias de Praia, Trecho Mampituba-Aranguá. *Iheringia, Geologia*, Porto Alegre, 2:41-53, 4 fig.
- McKEE, E.D. — 1962 — Origin of the Nubian and Similar Sandstones. *Geologischen Rundschau*, Stuttgart, 52:581-7, 14 pl.
- 1964 — «Problems on the recognition of Arid and Hot Climates of the Past» In: NAIRN, A.E.H. — *Problems in Palaeoclimatology*. New York, Interscience, p.367-77, fig. 1-8.
- & WEIR, G.W. — 1953 — Terminology for Stratification and Cross Stratification in Sedimentary Rocks. *Bulletin of the Geological Society of America*, New York, 64:381-90, 4 tab., 2 fig.

- MENDES, J.C. — 1944 — Lamelibrânquios Triássicos de Rio Claro (Est. de São Paulo). *Boletim da Faculdade de Filosofia Ciências e Letras da USP, São Paulo* 45, Geol. 1:41-76, 2 pr.
- . 1945 — Considerações sobre a estratigrafia e a idade da Formação Estrada Nova. *Boletim da Faculdade de Filosofia Ciências e Letras da USP, São Paulo*, 50, Geol. 2: 27-34, 4 fig.
- . 1952 — A Formação Corumbataí na Região do Rio Corumbataí (estratigrafia e descrição dos lamelibrânquios). *Boletim da Faculdade de Filosofia Ciências e Letras da USP, São Paulo*, 145, Geol. 8, 119p. 4 pr.
- . 1961 — Algumas considerações sobre a Estratigrafia da Bacia do Paraná. *Boletim Paranaense de Geografia, Curitiba*, 4/5:3-33, 7 fig.
- . 1967 — «The Passa Dois Group». In: BIGARELLA, J.J.; BECKER, R.D.; PINTO, I.D. — *Problems in Brazilian Gondwana Geology*. Curitiba, CNPq, p.119-66, pls. 41-62, 7 fig.
- MENEGOTTO, E.; SARTORI, P.L.; MACIEL FILHO, C.L. — 1968 — Nova Sequência Sementar sobre a Serra Geral no Rio Grande do Sul. *Publicação Especial do Instituto de Solos e Culturas, Seção Geologia, Univ. Fed. de Santa Maria*, 1:1-19, 1 seção 1 col. estrat., 1 mapa geol.
- NORTHFLEET, A.A.; MEDEIROS, R.A.; MULMANN — 1969 — Reavaliação dos dados geológicos da Bacia do Paraná. *Boletim Técnico da Petrobrás, Rio de Janeiro*, 12(3):291-346, 44 fig.
- OLIVEIRA, E.P. de — 1889 — Reconhecimento Geológico do Valle do Rio Parana-pema. *Boletim da Comissão Geográfica e Geológica da Província de São Paulo, São Paulo* 2
- . 1916 — Geologia do Estado do Paraná, Brasil. *Boletim do Ministério da Agricultura Indústria e Comércio, Rio de Janeiro*, 5 (1):67-143.
- . 1918 — Regiões carboníferas dos Estados do Sul. Rio de Janeiro, Imprensa Nacional, 125p. 9 mapas, 1 planta.
- . 1919 — Posição Estratigráfica dos Lamelibranchios descriptos na Memória do Professor Holdhaus. *Monographia do Serviço Geológico e Mineralógico do Brasil, Rio de Janeiro*, 6:1-172, 31 pr. 1 mapa geol.
- . 1930 — Rochas Triássicas do Estado do Paraná. *Anais da Academia Brasileira de Ciências, Rio de Janeiro*, 2(3):131-6.
- OPDYKE, N.D. — 1961 — «The Palaeoclimatological Significance of Desert Sandstone». In: NAIRN, A.E.M. — *Descriptive Palaeoclimatology*. New York, Interscience, p.45-60, fig. 1-5.
- PETTIJOHN, F.J. — 1957 — *Sedimentary rocks*. New York, Harper and Brothers. 2. ed. 718p., 173 fig.
- PINTO, I.D. — 1956 — Artrópodos da Formação Santa Maria (Triássico Superior) do Rio Grande do Sul, com notícias sobre alguns restos vegetais. *Boletim da Sociedade Brasileira de Geologia, São Paulo*, 5(1): 75-87, 2 fig., est. 1-4.
- POWERS, M.C. — 1953 — A New Roundness Scale for Sedimentary Particles. *Journal of Sedimentary Petrology, Tulsa*, 23(2): 117-9, 1 fig.
- PRICE, L.I. — 1946 — Sobre um novo Pseudosúquio do Triássico Superior do Rio Grande do Sul. *Boletim da Divisão de Geologia e Mineralogia, Rio de Janeiro*, 120:1-38, 4 lám.
- . & ROMER, A.S. — 1944 — *Stahleckeria Lenzii* a Giant Triassic Brazilian Dicynodont. *Bulletin of the Museum of Comparative Zoology, Cambridge*, 93:465-91, 11 fig.
- PUTZER, H. — 1955 — Geologia da folha de Tubarão, Estado de Santa Catarina. *Boletim da Divisão de Fomento da Produção Mineral, Rio de Janeiro*, 96, 94p., 7 fig. 1 mapa geol.
- RAU, W. — 1927 — Os Fósseis de Saurios no Município de Santa Maria. *Diário do Interior, Santa Maria*, 16(149)
- . 1933 — *Cedroxylon canoasense*, una madera fósil nueva del Rio Grande del Sud. *Revista Sudamericana de Botanica, Montevideo*, 1(3):65-8, 3 fig.
- REED, F.R.C. — 1928 — Triassic Fossils from Brasil. *Annals and Magazine of Natural History, Serie 10th, London*, 2(7):39-48, 5 pl.
- . 1929 — Faunas Triássicas do Brasil. *Monografia do Serviço Geológico e Mineralógico do Brasil, Rio de Janeiro*, 9:1-97, 5 est.
- REIG, O.A. — 1963 — La presencia de dinosaurios saurisquios en los estratos de Ischigualasto (Mesotriássico superior de las provincias de San Juan y La Rioja, República Argentina). *Ameghiniana, Buenos Aires*, 3(1):3-20.

- RITTENHOUSE, G. — 1943 — A visual method of estimating twodimensional Sphericity. *Journal of Sedimentary Petrology*, Tulsa, 13(2):79-81.
- ROMER, A.S. — 1961 — «Paleozoological Evidence of Climate». In: NAIRN, A.E.M. *Descriptive Palaeoclimatology*. New York, Interscience, p.183-206.
- SALAMUNI, R. & BIGARELLA, J.J. — 1967 — «The Botucatu Formation». In: BIGARELLA, J.J.; BECKER, R.D.; PINTO, I.D. — *Problems in Brazilian Gondwana Geology*. Curitiba, CNPq, p.197-206, 2 fig., pl. 75-78.
- SANFORD, R.M. & LANGE, F.W. — 1960 — Basin Study Approach to Oil Evaluation of Paraná Miogeosyncline of South Brazil. *Bulletin of the American Association of Petroleum Geology*, Tulsa, 44(8):1316-70, 24 fig.
- SCHNEIDER, A.W. — 1964 — Contribuição à Petrologia dos Derrames Basálticos da Bacia do Paraná. Publicação Avulsa da Escola de Engenharia da UFRGS, Porto Alegre, 1:1-76, 12 fig., 13 microfot., 7 quadr.
- SHEPARD, F.P. — 1945 — Nomenclature based on Sand-Silt-Clay Ratios. *Journal of Sedimentary Petrology*, Tulsa, 24(3):151-8, fig. 1-7.
- VAN HOUTEN, F.B. — 1961 — «Climatic Significance of Red Beds». In: NAIRN, A.E.M. *Descriptive Palaeoclimatology*. New York, Interscience, p.89-139, fig. 1-7.
- WASHBURNE, C.W. — 1930 — *Petroleum Geology of the State of São Paulo*. Boletim da Comissão Geográfica e Geológica do Estado de São Paulo, São Paulo, 22:1-282, 10 sketch, 117 fig.
- WHITE, I.C. — 1908 — *Relatório Final da Comissão de Estudos das Minas de Carvão de Pedra do Brasil*. Relatório sobre as «Coal Measures» e rochas associadas do Sul do Brasil, Parte I, Geologia, 1-201, ils., mapas, Tab., (publicação feita em português e em inglês).
- WHITE, W.A. — 1961 — Colloid Phenomena in Sedimentation of Argillaceous Rocks. *Journal of Sedimentary Petrology*, Tulsa, 31(4):560-70, fig. 1-2, pl. 1-5.
- WOODWARD, A.S. — 1903a — On some Dinosaurian bones from South Brazil. *Geological Magazine*, New Series, Herts, 10(4):1-152.
- 1903b — Traces on Gondwanaland fauna from the red beds of Rio Grande do Sul. *British Association for the Advancement of Science*, London 653.
- 1907 — On Some fossil Reptilian Bones from State of Rio Grande do Sul — Considerações sobre alguns Fósseis do Estado do Rio Grande do Sul. *Revista do Museu Paulista*, São Paulo, 7:46-57, 4 fig.
- ZEILLER, R. — 1895 — Note sur la flore fossile des houilles de Rio Grande do Sul (Brésil Méridional). *Bulletin de la Société Géologique de France*, 9^e série, Paris, 23:601-23, 19 fig., pl. 10-13.
- OLIVEIRA, E. de — 1929 — *Reconhecimento do Estado do Rio de Janeiro*. Boletim da Comissão Geográfica e Geológica da Província de São Paulo, São Paulo, 22:1-282, 10 sketch, 117 fig.
- 1930 — *Reconhecimento do Estado do Rio de Janeiro*. Boletim da Comissão Geográfica e Geológica da Província de São Paulo, São Paulo, 22:1-282, 10 sketch, 117 fig.
- 1931 — *Reconhecimento do Estado do Rio de Janeiro*. Boletim da Comissão Geográfica e Geológica da Província de São Paulo, São Paulo, 22:1-282, 10 sketch, 117 fig.
- 1932 — *Reconhecimento do Estado do Rio de Janeiro*. Boletim da Comissão Geográfica e Geológica da Província de São Paulo, São Paulo, 22:1-282, 10 sketch, 117 fig.
- 1933 — *Reconhecimento do Estado do Rio de Janeiro*. Boletim da Comissão Geográfica e Geológica da Província de São Paulo, São Paulo, 22:1-282, 10 sketch, 117 fig.
- 1934 — *Reconhecimento do Estado do Rio de Janeiro*. Boletim da Comissão Geográfica e Geológica da Província de São Paulo, São Paulo, 22:1-282, 10 sketch, 117 fig.
- 1935 — *Reconhecimento do Estado do Rio de Janeiro*. Boletim da Comissão Geográfica e Geológica da Província de São Paulo, São Paulo, 22:1-282, 10 sketch, 117 fig.
- 1936 — *Reconhecimento do Estado do Rio de Janeiro*. Boletim da Comissão Geográfica e Geológica da Província de São Paulo, São Paulo, 22:1-282, 10 sketch, 117 fig.
- 1937 — *Reconhecimento do Estado do Rio de Janeiro*. Boletim da Comissão Geográfica e Geológica da Província de São Paulo, São Paulo, 22:1-282, 10 sketch, 117 fig.
- 1938 — *Reconhecimento do Estado do Rio de Janeiro*. Boletim da Comissão Geográfica e Geológica da Província de São Paulo, São Paulo, 22:1-282, 10 sketch, 117 fig.
- 1939 — *Reconhecimento do Estado do Rio de Janeiro*. Boletim da Comissão Geográfica e Geológica da Província de São Paulo, São Paulo, 22:1-282, 10 sketch, 117 fig.
- 1940 — *Reconhecimento do Estado do Rio de Janeiro*. Boletim da Comissão Geográfica e Geológica da Província de São Paulo, São Paulo, 22:1-282, 10 sketch, 117 fig.
- 1941 — *Reconhecimento do Estado do Rio de Janeiro*. Boletim da Comissão Geográfica e Geológica da Província de São Paulo, São Paulo, 22:1-282, 10 sketch, 117 fig.
- 1942 — *Reconhecimento do Estado do Rio de Janeiro*. Boletim da Comissão Geográfica e Geológica da Província de São Paulo, São Paulo, 22:1-282, 10 sketch, 117 fig.
- 1943 — *Reconhecimento do Estado do Rio de Janeiro*. Boletim da Comissão Geográfica e Geológica da Província de São Paulo, São Paulo, 22:1-282, 10 sketch, 117 fig.
- 1944 — *Reconhecimento do Estado do Rio de Janeiro*. Boletim da Comissão Geográfica e Geológica da Província de São Paulo, São Paulo, 22:1-282, 10 sketch, 117 fig.
- 1945 — *Reconhecimento do Estado do Rio de Janeiro*. Boletim da Comissão Geográfica e Geológica da Província de São Paulo, São Paulo, 22:1-282, 10 sketch, 117 fig.
- 1946 — *Reconhecimento do Estado do Rio de Janeiro*. Boletim da Comissão Geográfica e Geológica da Província de São Paulo, São Paulo, 22:1-282, 10 sketch, 117 fig.
- 1947 — *Reconhecimento do Estado do Rio de Janeiro*. Boletim da Comissão Geográfica e Geológica da Província de São Paulo, São Paulo, 22:1-282, 10 sketch, 117 fig.
- 1948 — *Reconhecimento do Estado do Rio de Janeiro*. Boletim da Comissão Geográfica e Geológica da Província de São Paulo, São Paulo, 22:1-282, 10 sketch, 117 fig.
- 1949 — *Reconhecimento do Estado do Rio de Janeiro*. Boletim da Comissão Geográfica e Geológica da Província de São Paulo, São Paulo, 22:1-282, 10 sketch, 117 fig.
- 1950 — *Reconhecimento do Estado do Rio de Janeiro*. Boletim da Comissão Geográfica e Geológica da Província de São Paulo, São Paulo, 22:1-282, 10 sketch, 117 fig.
- 1951 — *Reconhecimento do Estado do Rio de Janeiro*. Boletim da Comissão Geográfica e Geológica da Província de São Paulo, São Paulo, 22:1-282, 10 sketch, 117 fig.
- 1952 — *Reconhecimento do Estado do Rio de Janeiro*. Boletim da Comissão Geográfica e Geológica da Província de São Paulo, São Paulo, 22:1-282, 10 sketch, 117 fig.
- 1953 — *Reconhecimento do Estado do Rio de Janeiro*. Boletim da Comissão Geográfica e Geológica da Província de São Paulo, São Paulo, 22:1-282, 10 sketch, 117 fig.
- 1954 — *Reconhecimento do Estado do Rio de Janeiro*. Boletim da Comissão Geográfica e Geológica da Província de São Paulo, São Paulo, 22:1-282, 10 sketch, 117 fig.
- 1955 — *Reconhecimento do Estado do Rio de Janeiro*. Boletim da Comissão Geográfica e Geológica da Província de São Paulo, São Paulo, 22:1-282, 10 sketch, 117 fig.
- 1956 — *Reconhecimento do Estado do Rio de Janeiro*. Boletim da Comissão Geográfica e Geológica da Província de São Paulo, São Paulo, 22:1-282, 10 sketch, 117 fig.
- 1957 — *Reconhecimento do Estado do Rio de Janeiro*. Boletim da Comissão Geográfica e Geológica da Província de São Paulo, São Paulo, 22:1-282, 10 sketch, 117 fig.
- 1958 — *Reconhecimento do Estado do Rio de Janeiro*. Boletim da Comissão Geográfica e Geológica da Província de São Paulo, São Paulo, 22:1-282, 10 sketch, 117 fig.
- 1959 — *Reconhecimento do Estado do Rio de Janeiro*. Boletim da Comissão Geográfica e Geológica da Província de São Paulo, São Paulo, 22:1-282, 10 sketch, 117 fig.
- 1960 — *Reconhecimento do Estado do Rio de Janeiro*. Boletim da Comissão Geográfica e Geológica da Província de São Paulo, São Paulo, 22:1-282, 10 sketch, 117 fig.
- 1961 — *Reconhecimento do Estado do Rio de Janeiro*. Boletim da Comissão Geográfica e Geológica da Província de São Paulo, São Paulo, 22:1-282, 10 sketch, 117 fig.
- 1962 — *Reconhecimento do Estado do Rio de Janeiro*. Boletim da Comissão Geográfica e Geológica da Província de São Paulo, São Paulo, 22:1-282, 10 sketch, 117 fig.
- 1963 — *Reconhecimento do Estado do Rio de Janeiro*. Boletim da Comissão Geográfica e Geológica da Província de São Paulo, São Paulo, 22:1-282, 10 sketch, 117 fig.
- 1964 — *Reconhecimento do Estado do Rio de Janeiro*. Boletim da Comissão Geográfica e Geológica da Província de São Paulo, São Paulo, 22:1-282, 10 sketch, 117 fig.
- 1965 — *Reconhecimento do Estado do Rio de Janeiro*. Boletim da Comissão Geográfica e Geológica da Província de São Paulo, São Paulo, 22:1-282, 10 sketch, 117 fig.
- 1966 — *Reconhecimento do Estado do Rio de Janeiro*. Boletim da Comissão Geográfica e Geológica da Província de São Paulo, São Paulo, 22:1-282, 10 sketch, 117 fig.
- 1967 — *Reconhecimento do Estado do Rio de Janeiro*. Boletim da Comissão Geográfica e Geológica da Província de São Paulo, São Paulo, 22:1-282, 10 sketch, 117 fig.
- 1968 — *Reconhecimento do Estado do Rio de Janeiro*. Boletim da Comissão Geográfica e Geológica da Província de São Paulo, São Paulo, 22:1-282, 10 sketch, 117 fig.
- 1969 — *Reconhecimento do Estado do Rio de Janeiro*. Boletim da Comissão Geográfica e Geológica da Província de São Paulo, São Paulo, 22:1-282, 10 sketch, 117 fig.
- 1970 — *Reconhecimento do Estado do Rio de Janeiro*. Boletim da Comissão Geográfica e Geológica da Província de São Paulo, São Paulo, 22:1-282, 10 sketch, 117 fig.
- 1971 — *Reconhecimento do Estado do Rio de Janeiro*. Boletim da Comissão Geográfica e Geológica da Província de São Paulo, São Paulo, 22:1-282, 10 sketch, 117 fig.
- 1972 — *Reconhecimento do Estado do Rio de Janeiro*. Boletim da Comissão Geográfica e Geológica da Província de São Paulo, São Paulo, 22:1-282, 10 sketch, 117 fig.
- 1973 — *Reconhecimento do Estado do Rio de Janeiro*. Boletim da Comissão Geográfica e Geológica da Província de São Paulo, São Paulo, 22:1-282, 10 sketch, 117 fig.
- 1974 — *Reconhecimento do Estado do Rio de Janeiro*. Boletim da Comissão Geográfica e Geológica da Província de São Paulo, São Paulo, 22:1-282, 10 sketch, 117 fig.
- 1975 — *Reconhecimento do Estado do Rio de Janeiro*. Boletim da Comissão Geográfica e Geológica da Província de São Paulo, São Paulo, 22:1-282, 10 sketch, 117 fig.
- 1976 — *Reconhecimento do Estado do Rio de Janeiro*. Boletim da Comissão Geográfica e Geológica da Província de São Paulo, São Paulo, 22:1-282, 10 sketch, 117 fig.
- 1977 — *Reconhecimento do Estado do Rio de Janeiro*. Boletim da Comissão Geográfica e Geológica da Província de São Paulo, São Paulo, 22:1-282, 10 sketch, 117 fig.
- 1978 — *Reconhecimento do Estado do Rio de Janeiro*. Boletim da Comissão Geográfica e Geológica da Província de São Paulo, São Paulo, 22:1-282, 10 sketch, 117 fig.
- 1979 — *Reconhecimento do Estado do Rio de Janeiro*. Boletim da Comissão Geográfica e Geológica da Província de São Paulo, São Paulo, 22:1-282, 10 sketch, 117 fig.
- 1980 — *Reconhecimento do Estado do Rio de Janeiro*. Boletim da Comissão Geográfica e Geológica da Província de São Paulo, São Paulo, 22:1-282, 10 sketch, 117 fig.
- 1981 — *Reconhecimento do Estado do Rio de Janeiro*. Boletim da Comissão Geográfica e Geológica da Província de São Paulo, São Paulo, 22:1-282, 10 sketch, 117 fig.
- 1982 — *Reconhecimento do Estado do Rio de Janeiro*. Boletim da Comissão Geográfica e Geológica da Província de São Paulo, São Paulo, 22:1-282, 10 sketch, 117 fig.
- 1983 — *Reconhecimento do Estado do Rio de Janeiro*. Boletim da Comissão Geográfica e Geológica da Província de São Paulo, São Paulo, 22:1-282, 10 sketch, 117 fig.
- 1984 — *Reconhecimento do Estado do Rio de Janeiro*. Boletim da Comissão Geográfica e Geológica da Província de São Paulo, São Paulo, 22:1-282, 10 sketch, 117 fig.
- 1985 — *Reconhecimento do Estado do Rio de Janeiro*. Boletim da Comissão Geográfica e Geológica da Província de São Paulo, São Paulo, 22:1-282, 10 sketch, 117 fig.
- 1986 — *Reconhecimento do Estado do Rio de Janeiro*. Boletim da Comissão Geográfica e Geológica da Província de São Paulo, São Paulo, 22:1-282, 10 sketch, 117 fig.
- 1987 — *Reconhecimento do Estado do Rio de Janeiro*. Boletim da Comissão Geográfica e Geológica da Província de São Paulo, São Paulo, 22:1-282, 10 sketch, 117 fig.
- 1988 — *Reconhecimento do Estado do Rio de Janeiro*. Boletim da Comissão Geográfica e Geológica da Província de São Paulo, São Paulo, 22:1-282, 10 sketch, 117 fig.
- 1989 — *Reconhecimento do Estado do Rio de Janeiro*. Boletim da Comissão Geográfica e Geológica da Província de São Paulo, São Paulo, 22:1-282, 10 sketch, 117 fig.
- 1990 — *Reconhecimento do Estado do Rio de Janeiro*. Boletim da Comissão Geográfica e Geológica da Província de São Paulo, São Paulo, 22:1-282, 10 sketch, 117 fig.