CONTRIBUIÇÃO À ESTRATIGRAFIA DO GRUPO PASSA DOIS
NO RIO GRANDE DO SUL

Paulo Miranda de Figueiredo Filho

Orientador:

Professor Dr. Josué Camargo Mendes

Tese de Doutorado apresentada ao
Instituto de Geociências e Astrono-
mia da Universidade de São Paulo.

1971

DEDALUS - Acervo - IGC

30900004891

ÍNDICE

	RESUMO	iii
I	INTRODUÇÃO	
	1.1. Generalidades	1
	1.2. Agradecimentos	2
II	TRABALHOS ANTERIORES NA ÁREA	4
III	MÉTODOS DE TRABALHO	
	III.1. Dados de campo	9
	III.2. Testemunhos de sondagens	9
	III.3. Estudos de laboratório	11
IV	DESCRIÇÃO DOS PERFIS E ÁREAS ESTUDADAS	
	IV.1. Área de Biboca-Candiota-Tupi Silveira	13
	IV.2. Perfil Bagé - Aceguá	21
	IV.3. Perfil Caveiras - Ibicuí da Armada	28
	IV.4. Perfil da sondagem PN-19-SG	34
	IV.5. Perfil Tiarajú para norte	38
	IV.6. Perfil São Sepé - Passo do Verde	42
	IV.7. Área Formigueiro - Barro Vermelho	46
	IV.8. Perfil Pantano Grande	50
	IV.9. Sondagens na região de Rio Pardo	52
	IV.10. Sondagens na área do Leão e São Jerônimo	55
	IV.11. Áreas ao redor de Porto Alegre	63
V	RELAÇÕES ESTRATIGRÁFICAS DO GRUPO PASSA DOIS NO ESTADO DO RIO GRANDE DO SUL	
	V.1. Contato Tubarão - Passa Dois	69
	V.2. A Formação Irati	71
	V.3. O conteúdo fossilífero da Formação Irati	81
	V.4. A Formação Estrada Nova	83
	V.5. O conteúdo fossilífero da Formação Estrada Nova	93
	V.6. Considerações sobre o uso do termo Passa Dois	93
	V.7. Contato Superior do Grupo Passa Dois	97
VI	CONCLUSÕES	101
VII	BIBLIOGRAFIA	105

RESUMO

O presente trabalho tem por finalidade estudar as relações estratigráficas das rochas consideradas do Grupo Passa Dois no Estado do Rio Grande do Sul. Este estudo foi feito através de levantamento de secções geológicas perpendiculares ao mergulho das camadas, em regiões cujo reconhecimento preliminar determinou serem as mais propícias para a demonstração das variações faciológicas das unidades. Foi completado com o estudo de testemunhos e perfis de sondagens e estabelecimento de secções colunares em áreas consideradas interessantes e que não se prestavam para um perfil contínuo. Foram feitas cinco secções, estudadas três áreas complementares e sete sondagens, cedidas pela Companhia Riograndense de Mineração - CRM (*).

Os trabalhos de campo foram completados com estudos de laboratório que incluíram análises granulométricas, lâminas delgadas, testes colorimétricos e difração de Raios X.

A integração dos dados de campo e de laboratório mostrou que:

1 - O Grupo Passa Dois está constituído pelas Formações Irati e Estrada Nova, estando ausente a Formação Rio do Rasto, na faixa aflorante no Estado.

2 - A espessura do Grupo Passa Dois, na faixa aflorante no Estado varia ao redor de 100 metros.

3 - A Formação Irati apresenta duas fácies litológicas no Rio Grande do Sul. A primeira, quando presente, ocupa a posição basal e é caracterizada pela ocorrência de duas camadas de folhelhos pretos pirobetuminosos, associados com lentes calcárias fossilíferas. As camadas de folhe

(*) Ex- Departamento Autônomo de Carvão Mineral - DACM.

lhós pretos contém, entre elas, um pacote de folhelhos cinza com fratura concóide, com concreções calcárias de coloração amarelo-palha. Estas três camadas estão sobrepostas a um folhelho semelhante ao que está intercalado aos folhelhos pretos e contém as mesmas lentes calcárias. A essa fácies é aqui proposta a designação fácies Tiarajú, indicando como área tipo a região a sul e a leste da estação de Tiarajú, no município de São Gabriel. A segunda fácies, parcialmente sincrônica com a primeira, e que encerra a sedimentação Irati no Estado, é atípica da Formação Irati do resto da Bacia e pode ser descrita como folhelhos cinza-claros e cinza-chumbo, às vészes com ritmitos na base, com laminação cruzada, com lentes calcárias de cor amarelo-palha. Em algumas áreas, como na Mina do Leão, os folhelhos estão intercalados com siltitos e arenitos finos, de cor cinza, micáceos. A parte superior, a oeste de Pantano Grande, é cortada por veios verticalizados, espessura de 2 a 15 cm, preenchidos por sílica. Para esta fácies é proposta a designação fácies Valente e indicada como área-tipo a região a 5 quilômetros a norte do Passo do Valente, na estrada Bagó-Aceguá.

4 - O conteúdo fossilífero destas fácies da Formação Irati, no Rio Grande do Sul, é o mesmo.

5 - A Formação Estrada Nova também se apresenta com duas fácies litológicas bem distintas, sendo uma pelítica e outra arenosa. Em todas as regiões em que ambas ocorrem, a arenosa situa-se no topo.

6 - O contato inferior da Formação Estrada Nova, com a Formação Irati, é marcado pelo aparecimento das cores vermelhas de alteração, que se intercalam com cores cinza-esverdeadas nos folhelhos e folhelhos silticos. É considerado como topo da fácies inferior o aparecimento de arenitos muito finos em camadas lenticulares de pequena

espessura que se alternam com lamitos (*) vermelhos. Para a litofácies inferior é aqui proposto o termo fácies Caveiras, sendo indicada como área tipo a região do Cêrro das Ca-
veiras no Município de Dom Pedrito.

7 - O contato superior da Formação Estrada Nova é com a Formação Rosário do Sul, sendo caracterizado pela ocorrência de arenitos médios, de coloração rosa, com estratificação cruzada planar ou acañalada, com conglomerados intraformacionais, ou de arenitos com estratificação ondulada. Este contato é, na maioria dos casos, erosivo sôbre os sedimentos da Formação Estrada Nova, sendo aqui interpretado como discordante.

8 - O membro superior é caracterizado pela incidência de corpos lenticulares de arenitos muito finos e pela ocorrência de lentes calcárias com bordos irregulares, e de concreções calcárias elipsoidais de diâmetros de mais de dois metros. A este conjunto é aqui proposto o termo fácies Armada, sendo indicada como área tipo a região a leste do Rio Ibicuí da Armada, na estrada BR-293, no Município de Dom Pedrito.

9 - O conteúdo fossilífero da Formação Estrada Nova no Rio Grande do Sul, presentemente conhecido, não permite caracterizar qualquer das duas fácies.

(*) O termo lamito é aqui empregado para corresponder ao equivalente da literatura em inglês "mudstone" sedimento ou rocha sedimentar, constituída principalmente por silte e argila, destituída de laminação ou fissilidade de acordo com sugestão feita pelo Dr. Richard Bowen (comunicação pessoal). Preferiu-se esta designação a de argilito, que corresponderia ao termo em inglês "argillite" que é aplicado por Twenhofel (em PETTÍJOHN, 1957), para definir siltitos e folhelhos que sofreram um grau mais alto de endurecimento devido a metamorfismo incipiente, situando-se como um termo intermediário entre ardósia e folhelho.

I - INTRODUÇÃO

I.1- Generalidades

Dentre os sedimentitos da Bacia do Paraná que afloram no Estado do Rio Grande do Sul, destaca-se uma seqüência de folhelhos, siltitos e arenitos finos de cor predominantemente cinza, com tons ora escuros, ora amarelados, que ocorrem sobre as camadas de carvão. Em algumas áreas, suas fácies gradam verticalmente para termos de arenitos intercalados com lamitos vermelhos. Esta seqüência é sucedida por um pacote predominantemente arenoso, vermelho, que nos diferentes lugares do Estado, ora passa para as camadas fossilíferas de Santa Maria, e ora para os arenito ólios da Formação Botucatu.

De uma maneira geral, esse conjunto onde predominam as cores de cinza, tem sido correlacionado com o Grupo Passa Dois, variando de autor para autor e estabelecimento dos contatos entre esta seqüência e as que lhe são superiores e inferiores, sendo ambos considerados como arbitrários. O presente trabalho se propõe estudar as rochas contidas nesse intervalo, em diversos pontos do Estado, estabelecer um esboço de sua estratigrafia aplicável para o Rio Grande do Sul e estabelecer uma correlação com o centro da Bacia.

Os sedimentitos do Grupo Passa Dois estão na Depressão Periférica (AB'SABER, 1960) do Estado do Rio Grande do Sul. Esta depressão se acha confinada entre as elevações formadas pelas rochas que servem de embasamento à Bacia do Paraná, e pela encosta do Planalto Basáltico. Esta faixa se dispõe em forma de arco, com a concavidade voltada para sudeste, e constitui, segundo AB'SABER (1961), a Superfície de Campanha.

Na área de afloramento das rochas do Grupo Passa Dois as altitudes variam entre 120 e 200m. A Figura 1 mostra a distribuição geográfica da faixa aflorante das rochas constituintes do Grupo Passa Dois no Rio Grande do Sul. Na área de Porto Alegre, elas estão cobertas por sedimentos quater

nários dos rios Gravataí e Jacuí e da Planície Costeira do Rio Grande do Sul. Ao norte, são cobertas por sedimentos da Formação Rosário do Sul nas suas fácies de oeste e leste. Na região de São Gabriel as rochas do Grupo Passa Dois mudam sua direção geral, infletindo-se para sul e sudeste e na área de Biboca, município de Pinheiro Machado, ocorrem em contato por falha com as rochas do Embasamento Cristalino.

Em todo o Estado, a morfologia das rochas do Grupo Passa Dois pode ser descrita como de coxilhões com bordos arredondados, com pequenos desníveis de alturas da ordem de, no máximo, 40m, geralmente ao redor de 20m. Na parte superior do Grupo, quando ocorrem os tómos arenosos a topografia adquire aspectos um pouco menos suaves sem, contudo, formar escarpas abruptas. Estas diferenças morfológicas em muito facilitam o mapeamento por fotointerpretação, não só pela diferença de nível entre as partes superior e inferior, como também pelos diferentes tons de cinza que ocorrem nas fotografias, função das diferenças de permeabilidade e umidade das rochas da base e do tópo do Grupo. Todavia, apesar destas diferenças, pode-se verificar em todos os perfis apresentados neste trabalho que, a fim de ressaltar este comportamento morfológico, foi necessário fazer um exágêro vertical, nunca inferior a dez vózes.

I.2. Agradecimentos

Este trabalho foi feito com o auxílio financeiro da Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado do Rio Grande do Sul, o autor deseja expressar seu agradecimento não só pelo auxílio, como também pelo incentivo que recebeu de seus diretores Prof. Dr. Darcy Closs e Prof. Dr. Sylvio Torres.

O autor agradece à Companhia Riograndense de Mineração, nas pessoas de seus diretores Eng^o. Arthur Wentz Schneider e Eng^o. Eurico Rômulo Machado, pela grande quantidade de testemunhos de sondagens e pelo farto material e informações que lhe foram colocados à disposição, e que se constituíram num acêrvo de dados que muito representou nêste tra-

balho.

Ao Prof. Dr. Josué Camargo Mendes, da Universidade de São Paulo, pela orientação segura e incentivo que soube transmitir, o autor expressa sua gratidão. Agradecimento especial deve ser registrado ao Professor Natálio Gamermann, da Universidade Federal do Rio Grande do Sul - UFRGS, pelas constantes discussões no campo e no laboratório, que muito ajudaram no desenvolvimento de todo o trabalho. Aos Professores Eurico Rômulo Machado e Othon Sá Castanho, da Companhia Riograndense de Mineração e do Instituto de Geociências da UFRGS, pelas profícuas discussões onde transmitiram ao autor a experiência de anos de vivência no problema estratigráfico aqui abordado, através de valiosas informações e de dados de campo. Aos Professores Milton Luiz Laquintino Forno, Luiz Roberto Silva Martins, Clóvis Carlos Carraro, Nilo Clemente Eick, Irajá Damiani Pinto e Cezar Dorneles Willig, da UFRGS, não só pelas facilidades de laboratório que foram proporcionadas no decorrer desta pesquisa, como também pela discussão na interpretação dos dados. Ao Geólogo Peter Bengtson e à aluna Lucia Ayala, da UFRGS, o autor agradece o auxílio prestado nos trabalhos de campo. À Prof. Yvonne Rezinha Sanguinetti e ao Prof. Carlos Alfredo Bortoluzzi, da UFRGS e à Geol. Zuleika Carreta Corrêa da Silva, os agradecimentos pela cuidadosa revisão e conseqüentes críticas que muito ajudaram a melhorar o trabalho.

O autor agradece ao Instituto de Geociências da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, à Comissão Mista Brasileira-Uruguaia para o Desenvolvimento da Bacia da Lagoa Mirim e ao Instituto Tecnológico do Rio Grande do Sul, por tôdas as facilidades que lhe proporcionaram.

O autor registra o seu agradecimento ao Conselho Nacional de Pesquisas, que lhe concedeu bolsa durante a realização desta pesquisa.

II. TRABALHOS ANTERIORES NA ÁREA

A revisão da bibliografia sobre o Grupo Passa Dois no Rio Grande do Sul revelou que quem primeiro procurou correlacionar os sedimentitos gonduânicos deste Estado com os ocorrentes mais ao norte da Bacia foi WHITE (1908), tendo-se referido à ocorrência de Irati e Estrada Nova no Rio Grande do Sul e correlacionando as camadas fossilíferas triássicas da área de Santa Maria, com as camadas vermelhas da Formação Rio do Rasto em Santa Catarina. Posteriormente, GORDON Jr. (1947), propôs uma nova classificação das rochas gonduânicas dos Estados de Paraná, Santa Catarina e Rio Grande do Sul, na qual inclui o Rio do Rasto dentro do Passa Dois, classificação que tem sido adotada, desde então.

A primeira tentativa de mapeamento regional do Rio Grande do Sul, que incluiu as rochas do Passa Dois está no trabalho de CARVALHO (1932). Na coluna estratigráfica por ele apresentada a "Série" Passa Dois é composta pelos folhelhos betuminosos e calcários com répteis do "Grupo" Irati e pelos folhelhos cinzentos do "Grupo" Estrada Nova, considerando o "Grupo" Terezina e o "Grupo" Rio do Rasto de idade triássica superior, tendo mapeado Irati e Estrada Nova como uma unidade e Rio do Rasto como outra, não aparecendo, na legenda de seu mapa, o termo Terezina, provavelmente por considerá-lo como não aflorante no Rio Grande do Sul. No mapa ele delimitou a ocorrência de sua "Série" Passa Dois na área desde São Sepé, em direção oeste inflexionando para sul em São Gabriel e abrindo-se em direção a Dom Pedrito, entrando para o Uruguai; ou seja, na área onde ocorrem, caracteristicamente, os folhelhos pretos.

BEURLIN, SENA SOBRINHO e MARTINS (1955) fizeram um estudo das Formações Gonduânicas do Rio Grande do Sul, tendo usado a classificação proposta por BEURLIN (1953), no que tange ao Passa Dois. Nesse trabalho, estabelecem a correlação com as rochas do Paraná e Santa Catarina, porém chamam a atenção para as diferenças na litologia entre áreas tão dis

tantes. Consideram ausentes as camadas superiores do Passa Dois, desde o Terezina.

MACHADO e CASTANHO (1956), em sua análise da estratigrafia das rochas associadas aos carvões do Rio Grande do Sul, debatem a "Série" Passa Dois como um todo; porém, nas descrições dos perfis reconhecem duas unidades dentro do Passa Dois: Irati e Estrada Nova inferior.

SENA SOBRINHO (1958), em seu Mapa Mineiro-Geológico do Rio Grande do Sul, considera os sedimentitos permianos da "Série" Passa Dois no Rio Grande do Sul como representados pelo Grupo Estrada Nova, constituído pelos "Folhelhos" Irati e "Camadas" Serra Alta.

SANFORD e LANGE (1960), ao fazerem uma análise da Bacia do Paraná visando a pesquisa de petróleo, consideram que no Rio Grande do Sul a "Série" Passa Dois é representada por sedimentitos do "Grupo" Estrada Nova, constituído pelas Formações Irati, Serra Alta e Terezina, estando ausente os sedimentitos do Grupo Rio do Rasto.

MACHADO, DEQUECH e CASTANHO (1962) expressam sua opinião no sentido de que o Grupo Passa Dois seja de idade permiana, ficando as Formações Irati e Estrada Nova no Permiano inferior e a Formação Rio do Rasto no Permiano superior.

No ano seguinte, SENA SOBRINHO (1963) publicou um novo trabalho intitulado "Geologia e Recursos Minerais do Rio Grande do Sul", no qual apresenta um mapa onde o Passa Dois permanece indiviso, com a Formação Santa Maria assentando-se diretamente sobre a Formação Estrada Nova. No texto, refere-se ao "Grupo" Estrada Nova, da "Série" Passa Dois onde inclui os folhelhos Irati e a "Formação" Serra Alta.

MORRIS (1963) mapeando a área de Gravataí, Taquara e Rolante, considerou tudo o que estivesse abaixo do Botucatu eólico e, acima do Tubarão, embora não tivesse reconhecido o Tubarão no campo, como pertencente à "Série" Passa Dois, atribuindo espessura de 340 m e idade permiana.

No mesmo ano, DELANEY e GONI (1963) apresentaram uma correlação preliminar entre as Formações Gonduânicas

do Uruguai e do Rio Grande do Sul. Neste trabalho criam uma nova unidade estratigráfica, a Formação Rio Pardo, correlacionando-a com a Formação Jaguary, do Uruguai, e com a Formação Rio do Rasto, mais ao norte da Bacia.

RIBEIRO, BOCCHI, FIGUEIREDO Fº e TESSARI (1966) consideram o Grupo Passa Dois como constituído pelas Formações Irati, Estrada Nova e Rio Pardo. Todavia, o mapeamento da Quadícula de Caçapava do Sul não abrangeu senão a parte basal do "Rio Pardo" de DELANEY e GOWI (op. cit.), não tendo os autores feito comentários sobre o limite superior desta Formação, correlacionando-a com a Formação Rio do Rasto, mais ao norte da Bacia.

PINTO e COLABORADORES (1966) numa Sinopse da Geologia do Estado do Rio Grande do Sul, produto de compilação de diferentes pesquisas bibliográficas e de campo dos numerosos co-autores, consideram a Formação Rio Pardo como Formação Rio do Rasto, incluindo-a no Grupo Passa Dois.

MACEDO (1967), ao fazer um plano para hidrogeologia no Estado, apresenta, em seu mapa, o Grupo Passa Dois como constituído pelas Formações Irati, Estrada Nova e Rio Pardo, estando o Rio Pardo imediatamente abaixo do Botucatu, incluindo, portanto, o Santa Maria dentro da Formação Rio Pardo.

PADULA (1968) considera como Formação Irati o conjunto de folhelhos pretos pirobetuminosos e folhelhos sílticos e calcários intercalados, colocando os folhelhos cinza claros a cinza-escuros, maciços, com fraturas concóides, cortados por vetos silicosos, na Formação Serra Alta.

NORTHFLEET, MEDEIROS e MUELMANN (1969) consideram o Grupo Passa Dois como constituído pelas Formações Irati, Serra Alta, Estrada Nova e Rio do Rasto. Consideram a Formação Serra Alta como constituída de folhelhos cinza-escuros, sílticos, de fratura concóide, que mantêm uma fácies constante na Bacia, semelhante à parte não betuminosa da Formação Irati. O mapa de isópacas da Formação Serra Alta apresentado naquele trabalho mostra que o conceito por eles utilizado difere do de PADULA (op. cit.) para esta formação.

Na Formação Rio do Rasto ôles incluem a fácies Serrinha, sendo a Formação Rio do Rasto constituída pela fácies Morro Pelado. O mapa de isópacas dos sedimentitos por ôles considerados como da Formação Rio do Rasto mostra que ôles o consideram presentes no Rio Grande do Sul.

Concomitante com o desenvolvimento da presente pesquisa, GAMERMANN (1970) tem estado trabalhando no conjunto de arenitos róseos que estão sôbre os lamitos e arenitos intercalados, de sedimentação lacustre e sob os arenitos eólios da Formação Botucatu, no Rio Grande do Sul. Nesse trabalho (GAMERMANN (op. cit.) inclina-se a propor uma nova unidade litoestratigráfica, na categoria de Formação, com o nome de Rosário do Sul. Essa Formação incluiria como uma de suas fácies as camadas fossilíferas de Santa Maria. Para êle os sedimentitos da Formação Rosário do Sul não está contida no Grupo Passa Dois e sua parte basal é a parte superior da Formação Rio Pardo de DELANEY e GONI (op. cit.). No presente trabalho utiliza-se a proposição de GAMERMANN, embora ainda inédita, pois as duas pesquisas se desenvolveram quase que simultâneamente, tendo os dois autores concordado plenamente nos contatos litoestratigráficos.

No Uruguai, BOSSI (1966), considera o Grupo Caguaruá como constituído pelas Formações Frayle Muerto, Mangrullo, Passo Aguiar e Jaguar, afirmando que êsse Grupo segue concordantemente a Formação San Gregório-Tres Islas, considerada pelo autor como uma única formação, equivalente ao conjunto Itararé-Rio Bonito no Rio Grande do Sul. Sendo, segundo DELANEY e GONI (1963), o Frayle Muerto equivalente ao Palermo, vê-se que o autor preferiu juntá-lo aos sedimentitos equivalentes Irati e camadas superiores para formar um Grupo, em vez de uni-lo ao equivalente do Rio Bonito, como tem sido feito no sul do Brasil.

Como se vê, a maneira de encarar os dados estratigráficos tem sido muito variada e, em nenhum dos trabalhos referentes ao Rio Grande do Sul, se fez uma coleta de dados metódica e uniforme em toda a faixa aflorante, com uma discussão sôbre as diversas possibilidades de interpretação estratigráfica. Ao contrário, tem sido dada mais atenção à prece

dência na utilização dos termos do que a uma interpretação estratigráfica dos contatos. O presente trabalho pretende, então, discutir apenas os dados litoestratigráficos e, com base nos dados que serão expostos, propor uma nomenclatura aplicável tão somente à área estudada, ou seja, à faixa do Passa Dois aflorante no Estado do Rio Grande do Sul.

III - MÉTODOS DE TRABALHO

III.1. Dados de campo.

A localização dos pontos de descrição das relações estratigráficas e de tomada de amostras no campo foi feita usando os mapas do Serviço Geográfico do Exército, sempre que existentes. Na área São Sepé - Passo do Verde - Firmigueiro e na área de Pantano Grande, ainda não cobertas com mapas do SGE, os pontos de interesse foram localizados nos mapas geológicos de Caçapava do Sul e de Encruzilhada do Sul publicados por RIBEIRO et alli.(1966) e por TESSARI e PICADA (1966), respectivamente.

Os perfis longos foram levantados utilizando-se o odômetro do automóvel para as medidas horizontais, sendo as medidas verticais tomadas com um altímetro "Surveying Terra Altimeter", Modelo MT-2, de 250 a + 3000 m, com intervalo de 2m, fabricado por American Paulin System.

Quando necessário, os perfis gerais foram detalhados em escalas maiores, usando-se bússola, nível de mão, passo aferido e trena.

As áreas e os perfis estudados estão assinalados na Figura 1.

III.2. Testemunhos de sondagens.

Foram observados os testemunhos de várias sondagens feitas pelo então Departamento Autônomo do Carvão Mineral. Destas foram utilizadas, para os trabalhos de laboratório, as sondagens F-177 e F-1 da Mina do Leão, e PN-19-SG de São Gabriel, consideradas como representativas das demais. Além disso foram estudados os perfis e observados os testemunhos das seguintes sondagens: PN-18-RP e PN-3-RP, do Arroio Iruí, Rio Pardo; Sondagem 180, da Mina do Leão; e PN-17-SJ, Arroio da Casemira, em São Jerônimo. Foram também consultados os perfis de sondagens apresentados por PASSOS e

DISTRIBUIÇÃO DOS SEDIMENTITOS DO GRUPO PASSA DOIS NO R. G. S.
COM LOCAÇÃO DOS PERFIS E SONDAGENS ESTUDADOS

25 0 50 100 150 200 250 km

GAVRONSKI (1961) no Relatório sobre o estudo do carvão da Bacia de Gravataí, e alguns perfis de sondagens feitas pela Companhia Rio Grandense de Mineração na área prevista para a ampliação de Candiota.

A localização das sondagens está disposta na Figura 1.

III.3. Estudos de laboratório.

a - Preparação das amostras

Cada amostra foi separada em três partes. Uma primeira parte mantida inteira para descrição na lupa e referência; uma segunda desagregada para a análise de raios-X e a terceira desagregada para análise granulométrica. De algumas amostras foram feitas lâminas delgadas e análise do resíduo insolúvel, especialmente das concreções e lentes.

b - Análise granulométrica

A maior parte das análises granulométricas foi executada com testemunhos de sondagens. Assim se manteve constante o estado de alteração das rochas comparadas. Porém, também foram feitas análises granulométricas de amostras de afloramento, especialmente das amostras da Formação Estrada Nova, pois nem todas as sondagens iniciavam nessa Formação.

A desagregação das amostras foi feita em almofariz de porcelana com pistilo protegido por borracha, para evitar a quebra dos grãos. As amostras que continham cimento de carbonato foram tratadas com ácido clorídrico diluído a 10%, para facilitar o processo de desagregação.

Na execução da análise mecânica, a distribuição granulométrica das partículas maiores de 4ϕ (1/16mm) foi determinada pelo método de peneiração (WENTWORTH, 1926) e as partículas menores de 4ϕ , pelo método da pipeta (ROBINSON, 1922).

c - Difração de raios-X

Para a análise de difração de raios-X, as amostras foram preparadas inicialmente separando-se a fração menor que 2 micra. A suspensão, contendo o material fino, era concentrada por evaporação em uma temperatura inferior a 60°C. A suspensão concentrada era deixada evaporar a seco, à temperatura ambiente, sobre uma lâmina de vidro. Isto permite uma orientação das partículas dos argilo-minerais o que, de acordo com JOHNS, GRIM e BRADLEY (1954), faz com que as intensidades dos picos basais se tornem cerca de 50 vezes superiores às aquelas não orientadas.

De cada amostra foram feitas duas lâminas, sendo uma levada diretamente ao difratômetro enquanto a outra ficava, cerca de uma semana, em recipiente saturado com vapores de glicol para então ser analisada no raio-X e verificadas as mudanças nos picos. O tratamento de glicol visa a identificação e avaliação semi-quantitativa dos argilo-minerais expansíveis.

As análises de difração de raios-X foram feitas usando um difratômetro NOREICO, com anticátodo de cobre, com 35 KV e 20mA. As sensibilidades usadas foram com as constantes 4-1-2 e 8-1-4. A velocidade para as amostras não glicoladas foi de 1°20'/min. e para as amostras glicoladas a velocidade foi de 2°20'/min.

d - Testes colorimétricos

Com a finalidade de saber qual o principal carbonato constituinte das concreções calcíferas, foram feitos testes colorimétricos segundo a técnica de FRIEDMAN (1959). O teste consiste em pingar alizarina vermelho sulfônica, em solução ácida, sobre uma superfície lisa da concreção, deixando-a em contato por 1 a 2 minutos. A calcita toma a cor vermelha e a dolomita, branco leitosa.

IV DESCRIÇÃO DOS PERFIS E ÁREAS ESTUDADAS

IV.1. Área de Biboca-Candiota-Tupi Silveira

Na região de Biboca, Quadricula de Pedras Altas, no município de Pinheiro Machado, afloram, sobre uma grande extensão de área, sedimentos da Formação Irati. Em algumas localidades, como a norte da fazenda de Izidro Burque, aflora uma camada de mais de 5 metros de espessura, de folhelhos pirobetuminosos. Sob esta camada ocorre um folhelho siltico cinza-esverdeado e sob este, um folhelho castanho, calcífero, que é aqui interpretado como sendo alteração de outra camada de folhelho pirobetuminoso devido ao intemperismo. Acima e abaixo dos folhelhos pretos pirobetuminosos ocorrem folhelhos silticos cinza-esverdeados. Associada com a camada inferior de folhelho preto, encontrou-se uma camada de "bentonita", constituída de montmorilonita quase pura, que contém impressões de *pygaspis*, da mesma maneira que o folhelho castanho.

Como nas outras localidades do Estado, onde ocorre, o folhelho preto está associado a um desenvolvimento mais pronunciado de lentes de calcário, atingindo aí a ordem de 1,5 a 2,0m de espessura ocupando, algumas delas, a extensão de mais de 1 ha. A ocorrência dessas lentes influi na topografia, formando pequenas mesas. Também, à semelhança do que ocorre na região de Dom Pedrito (Upacará), as lentes calcárias contêm abundantes restos de carapaças, possivelmente de crustáceos, sendo, todavia, de difícil caracterização paleontológica devido ao aspecto fragmentar do material.

Os fragmentos de carapaças estão acamados com o eixo maior paralelo à estratificação, que é apenas acusada. O ataque com ácido clorídrico revelou ser de 87% o teor em carbonatos. O teste de colorimetria indicou ser predominantemente calcita e secundariamente dolomita. A calcita ocorre tanto microcristalina como em forma de calcita espática nos veios secundários que, em alguns casos, acompanham a estratificação. Também se acha calcita espática, ocasional

mente, entre fragmentos de carapaças, indicando que, no momento da deposição do carbonato, aquele espaço estava vazio, protegido pelas carapaças, permitindo o desenvolvimento de cristais bem formados. Todavia, a calcita espática não constitui mais de 15% do total da rocha. A dolomita se encontra, principalmente, substituindo os grãos de quartzo e feldspato. Entre os restos quebrados das carapaças encontram-se grãos de quartzo e feldspato de tamanho silte. Esses grãos são subangulares e relativamente frescos, sendo mais abundantes onde é maior o acúmulo de carapaças. A calcita microcristalina varia de transparência desde translúcida a opaca e constitui a maior parte da lâmina. Trata-se de uma rocha de origem mista, parte detrítica e parte química. Os organismos foram depositados como detritos, juntamente com os grãos de quartzo e feldspato, em águas não muito agitadas. Talvez, devido à própria dissolução das carapaças, houve condições para a precipitação de carbonato logo a seguir ou, mesmo, concomitantemente com a deposição. Deve-se, porém, notar que o aspecto acamadado dos restos das carapaças e a presença dos grãos de quartzo e feldspatos substituídos por carbonato indicam que as condições físicas predominaram sobre as químicas, no momento da deposição, e que houve um enriquecimento posterior de carbonatos. Apesar dessas lentes não estarem num mesmo nível topográfico, variando de alguns metros sua posição, elas representam um nível estratigráfico. Em outra dessas lentes encontrou-se que a quantidade de carbonato é aproximadamente a mesma, ou seja, 81% e os grãos detríticos estão em camadas preferenciais, estando inersos em cimento calcífero, sendo menos comuns os contatos de grão a grão, indicando uma deposição química concomitante. Observa-se óxido de ferro em bandas de acordo com a estratificação.

ROSLER (1970) estudou o material fóssilífero desta área tendo encontrado escamas de peixe e restos de Mesosaurus, além de Pygaspis.

A seção colunar composta apresentada na Figura 2 mostra a relação dos bancos de calcários, dos siltitos argilosos, dos folhelhos castanhos e pretos e da bentonita que ocorrem na área de Biboca. Associações semelhantes foram en-

Fm IRATI
fácies TIARAJU
fácies VALENTE

FOLHELHO CINZA COM LENTES DE CALCÁRIO.

CALCÁRIO EM BANCOS DE 2m DE ESPESSURA, ESTRATIFICADO, COM CARAPAÇAS QUEBRADAS DE CRUSTÁCEOS.

FOLHELHO PRETO PIROBETUMINOSO, QUE SE ALTERA PARA FOLHELHO MARROM.

FOLHELHO CINZA CHUMBO, COM RARAS CONCREÇÕES CALCÁRIAS DE CÔR AMARELO-PALHA.

RENTONITA.
LENTES DE CALCÁRIO COM RESTOS DE MESOSAURUS.

FOLHELHO MARROM, ALTERAÇÃO DE FOLHELHO PIROBETUMINOSO COM RESTOS FÓSSEIS DE PYGASPIS, MESOSAURUS E ESCAMAS DE PEIXE.

FOLHELHO CINZA.

LEGENDA: Cf. figura 19 - anexo I

SEÇÃO COLUNAR COMPOSTA DAS ROCHAS DA FORMAÇÃO IRATI DA ÁREA DE BIBOCA PINHEIRO MACHADO

Figura 2

PERFIL INFERIDO DO PASSO DO MARMELEIRO FÔLHA DE TUPI SILVEIRA

Figura 3

LEGENDA: Cf. figura 19 - anexo I

contradas nas áreas de São Gabriel e Dom Pedrito.

A região de Biboca poderá servir como área de referência para a fácies inferior, pirobetuminosa, da Formação Irati no Estado do Rio Grande do Sul. AMARAL e PERIM (1965) efetuaram testes para a determinação de óleo contido nos folhelhos pirobetuminosos desta área, através de uma destilação por pirólise destrutiva, em retorta de ferro. Submetendo o material moído a uma temperatura que atingiu 492°C durante 6 horas, obtiveram como resultado do teste: 82,80% de resíduo, 2,98% de óleo, 6,15% de água, não tendo sido determinados os percentuais de amônia, voláteis e enxôfre. Embora o teor de óleo seja aparentemente baixo, deve-se levar em consideração que o material analisado era de uma amostra de afloramento que, conseqüentemente já devia ter sofrido alguma lixiviação. De acôrdo, ainda, com aquêles autores, o argilo-mineral predominante é a montmorilonita, o que concorda, aliás, com o que foi encontrado nas demais áreas do Estado. Os dados apresentados naquele relatório não permitem deduzir qual das duas camadas foi testada para óleo.

Um pouco mais ao norte, na região de Candiota e Passo do Marmeleiro, dá-se o contato da Formação Irati com a Formação Palermo. O perfil do Passo do Marmeleiro (Figura 3), na Folha de Tupi Silveira, mostra um arenito coberto por folhelhos silticos cinza-chumbo que, a partir do meio desta secção para o tôpo, passa a apresentar lentes de calcário. O aparecimento das lentes de calcário determina a passagem transicional para a Formação Irati. Nesta área, dentro da sequência da Formação Palermo, foi registrada a presença de arenitos muito semelhantes aos do Rio Bonito, mostrando não só uma instabilidade da plataforma durante a época de deposição, mas também uma tendência à recorrência das condições ambientais do Rio Bonito nos tempos Palermo. Na sondagem T-4-AC, na jazida de Candiota, ocorreu, sobre o carvão mais superior, cerca de 20 metros de arenitos com estruturas típicas do Palermo.

A sondagem PN-23-BG, na Fazenda Jaime Brasil, na jazida de Candiota, mostrou a sequência apresentada na Figura 4. Logo acima do carvão ocorre um folhelho carbonoso, cons

PERFIL DE SONDAGEM PN-23-Bg (Jazida Candiota-Fazenda Jaime Brasil-Hulha Negra-Bage')

PERFIL DE SONDAGEM F-4-AC (Jazida Candiota)

LEGENDA: Cf. figura 19 - anexo I

tituído de algumas lâminas mais carbonosas na metade superior da sondagem. Até aí foi considerado Rio Bonito pelo geólogo da CRM, pois a partir desse nível começam a aparecer as estruturas de escorregamento ("slumping structures") e perturbações da estratificação, em geral fina, típicas da Formação Palermo em todo o Estado. Daí para cima segue, por cerca de 40m uma sequência de siltitos arenosos a arenitos finos, com a estrutura peculiar do Palermo, acima mencionada, com abundantes manchas negras. Sobre esse pacote segue-se, com contato absolutamente transicional, a Formação Irati aí representada por cerca de 20 metros de sedimentitos que, no entender do geólogo que os descreveu, consistem de folhelho silticos cinza-chumbo, com areia fina nos planos de estratificação, freqüentemente mostrando fina estratificação ondulada e irregular, e finas alternâncias de listras cinza-claras e cinza-escuras, localmente com milimétrica estratificação cruzada, fina mica disseminada, doçados veios irregulares de calcita, com delicado nível calcificado próximo à base.

Quando se vai para a Fôlha de Tupi Silveira, a oeste de Candiota, passa-se para a parte superior da Formação Irati e seu contato com a Formação Estrada Nova. Os folhelhos de fratura concóide, de cor cinza, cortados por veios verticalizados preenchidos por sílica a partir de um certo nível, passam a apresentar cores vermelhas intercaladas. É aí considerado o contato superior da Formação Irati. A Fotografia nº 1 é um aspecto desta passagem gradacional na Fôlha de Tupi Silveira a oeste do Passo do Marmeleiro e sul de Hulha Negra.

A parte superior da sequência Estrada Nova aflora no norte da Fôlha de Tupi Silveira, onde há o desenvolvimento de lentes calcíferas tabulares, com estruturas de carga nos siltitos entre os quais se desenvolveram, como ilustra a Fotografia nº 2. Aí, como em São Gabriel, estas lentes marcam a parte superior da Formação Estrada Nova. Logo acima do conjunto que as contém ocorrem arenitos médios, com estratificação cruzada acanalada ou planar, aqui considerados como pertencentes à Formação Rosário do Sul. A Fotografia nº 3 ilus

Fotografia nº 1 - Aspecto da parte basal da Formação Estrada Nova na região de Tupi Silveira, a sul de Hulha Negra, onde se observam as intercalações das cores vermelha e cinza e as lentes calcárias nos folhelhos.

Fotografia nº 2 - Lentes calcíferas ocorrentes na parte superior da Formação Estrada Nova à oeste de Tupi Silveira. Observa-se o contôrno irregular da lente com o bordo inferior penetrando nos siltitos róseos de cimento calcífero.

Fotografia nº 3 - Estratificação cruzada planar nos arenitos médios róseos da Formação Rosário do Sul, na área de Tupi Silveira, a sul de Hulha Negra.

Fotografia nº 4 - Contato erosivo da Formação Rosário do Sul sobre a Formação Estrada Nova na área de Tupi Silveira, a sul de Hulha Negra.

tra a estratificação típica da Formação Rosário do Sul e a nº 4, o contato erosivo entre os arenitos médios da Formação Rosário do Sul e os lamitos da Formação Estrada Nova.

IV.2. Perfil Bagé - Aceguá

Este perfil foi medido na Rodovia BR-153, trecho Bagé-Aceguá, partindo de Bagé em direção a Aceguá, tomando o centro de Bagé como quilômetro zero. A figura 5 esquematiza este perfil e as relações estratigráficas nele encontradas.

Nessa seção o contato dos sedimentitos gonduânicos com o granito se dá a cerca de 8 quilômetros da cidade, estando encoberto por uma delgada capa de sedimentos pleistocênicos da Formação Graxaim. Embora para leste a Formação Rio Bonito esteja bem desenvolvida, inclusive tendo camadas de carvão economicamente exploráveis em Hulha Negra e Candia ta, as observações de campo indicaram que na seção Bagé-Aceguá, o Palermo descansa diretamente sobre o embasamento cristalino, relação esta presente em vários locais do Rio Grande do Sul.

O primeiro afloramento de Palermo em contato com a Formação Graxaim é no km 10. Aí o Graxaim é composto por camadas de cerca de 1 m de argila, areia fina e areia média. De cima para baixo ocorre um silte arenoso cor de cinza, com tendo pedaços de rocha da ordem de 2 a 3 mm de diâmetro. Esse silte arenoso cobre um corpo de 1,5 m de espessura de areia fina amarelada com ocorrência ocasional de grânulos e pequenos seixos de granitos; logo abaixo, uma argila cinza esverdeada sem estratificação aparente. A superfície do afloramento é coberta por uma areia grossa e grânulos de quartzo leitoso e granito. Na parte sul do afloramento este conjunto recobre um siltito argiloso cinza-chumbo, com fratura concóide, sedimentito típico da Formação Palermo.

No km 11,4 aflora um lamito cinza-azulado, fratura concóide, estratificação não muito evidente, podendo-se distinguir uma horizontalidade nas camadas da ordem de 1 cm. Não ocorrem lentes nem concreções. 600 m adiante, no km 12, ocorre um lamito cinza-azulado, igual ao anterior, porém, com

PERFIL GEOLÓGICO BAGE-ACEGUA
AO LONGO DA BR-153

LEGENDA: Cf. figura 19 - anexo I

Figura 5

uma lente de calcário com cêrca de 1,5m de diâmetro maior e 20 cm de espessura. Nesta secção, entre êsses 2 últimos afloramentos está a passagem da Formação Palermo para a Formação Inet1, ou seja, o contato inferior do Grupo Passa Dois, que é gradacional. Dêste afloramento até o próximo a secção é coberta.

No km 13 se apresenta o mesmo siltito argiloso, agora com raras juntas preenchidas por sílica, com espessura da ordem de 2 cm. Estas juntas cortam o conjunto dos lamitos em três direções preferenciais que se cortam. Cêrca de 600 m adiante, o mesmo sedimentito é cortado por abundantes juntas preenchidas por sílica. Aí o preenchimento se dá em planos de 5 a 6 m de comprimento com espessuras que variam de 2 a 15 cm, também cruzando-se em três direções. A Fotografia nº5 mostra o modo de ocorrência dêsses veios verticalizados e as lentes calcárias. As lentes visíveis na foto têm cêrca de 80 a 100 cm de diâmetro e 20 a 30 cm de espessura. Estas lentes possuem uma coloração amarelada, e estão imersas no siltito argiloso, por todo o afloramento, sem seguir um nível preferencial. Seu diâmetro maior está de acôrdo com a estratificação. Algumas destas lentes são cortadas por veios não muito abundantes preenchidos por calcita ou por sílica. Numa dessas lentes, neste afloramento, RUSIER (1970) reporta uma impressão de vegetal fóssil por êle classificada como Lycopodiopsis (?). Também foram encontrados neste local, dentes e escamas de peixe.

Na altura do Km 13,5, em um afloramento do lado leste da estrada, ocorre um siltito argiloso cinza-esverdeado, com algumas concreções de calcário da ordem de 50 cm de diâmetro e cortado pelas juntas verticais preenchidas por sílica, descritas anteriormente. Na parte sul do afloramento, parte mais elevada, em uma ravina ao lado da estrada, ocorrem manchas de coloração avermelhada. A medida que se sobe na colina passam a predominar as cêres vermelhas intercaladas com cinza-esverdeadas. Os veios são mais abundantes no conjunto cinza, sendo da ordem de 2 cm de espessura. A Figura 6 esquematiza a passagem gradacional observada nesse afloramento. A altura estimada do afloramento foi de 6 m.

Fotografia nº 5 - Folhelho siltico, com concreções calcárias de côr amarelo-palha, cortado por veios verticalizados preenchidos por sílica, comuns na parte superior da Formação Irati no Rio Grande do Sul aflorando em um corte da estrada Bagé-Aceguá, a 1,5 km a norte do Passo do Valente.

Fotografia nº 6 - Alternância de côres vermelha e cinza-esverdeada, nos siltitos argilosos com concreções calcárias, constituindo aspectos típicos de afloramentos do membro inferior da Formação Estrada Nova no Rio Grande do Sul. Rodovia Bagé-Aceguá cêrca de 1 quilômetro a norte do Passo do Valente.

No conjunto cinza, a fratura é concóide e a estratificação é apenas acusada. Já no conjunto vermelho, a estratificação fica mais evidente. As concreções da parte de cima são elipsoidais ou mesmo ovóides; o diâmetro maior com cerca de 20 cm e a coloração cinza-esverdeada. Em uma dessas concreções foram encontrados restos de conchas e, inclusive, um molde que foi classificado por RÜSLER (1970) como Pinzonella (?). É nesse afloramento que se verifica a passagem da Formação Irati para a Estrada Nova. A espessura da Formação Irati é da ordem de 30 m. Esta passagem é gradacional, todavia é perfeitamente identificada no campo, não só nesta região como em outros locais do Estado, como já foi visto na Folha de Tupi Silveira.

Após o aparecimento das cores vermelhas, à medida que se sobe na estratigrafia, a cor de cinza se torna cada vez mais subordinada, predominando vermelho-vinho com manchas cinza-esverdeadas. A Fotografia nº 6 mostra a alternância de cores e as lentes que ocorrem na base da Estrada Nova.

Embora a estratificação se torne mais evidente neste conjunto que no interior, a fratura é ainda caracteristicamente concóide. Também há um enriquecimento em elementos mais grosseiros, como silte e areia muito fina, formando o que foi preferido chamar de lamito, pois ora são siltitos argilo-arenosos, ora argilas sem folheação. No km 14,5 continua aflorando a Formação Estrada Nova constituída, agora, de um arenito muito fino, argiloso, com estratificação horizontal, plano-paralela, em camadas de ordem de 0,5 cm. A cor é vermelho-tijolo, tendo alguns níveis de cor verde. A passagem entre as duas cores é gradativa e se dá tanto na vertical como na horizontal. Ocorrem lentes calcárias com 15 cm de espessura sendo algumas contínuas em mais de 2 m. A Fotografia nº 7 ilustra este tipo de lente.

Do km 16 ao km 21, o conjunto gonduânico é coberto por sedimentos recentes das Cabeceiras do Rio Negro no Passo do Valente. Até aqui foi considerada a parte mais inferior da Formação Estrada Nova, nesse perfil. A partir dessa altura estratigráfica passa gradacionalmente para termos

Fotografia nº 7. - Aspecto de algumas lentes calcárias intercaladas entre têrmos arenosos da parte superior da Formação Estrada Nova, na Estrada Bagé-Aceguá, 15,5 quilômetros a sul de Bagé.

Fotografia nº 8 - Aspecto geral dos afloramentos da parte arenosa superior da Formação Estrada Nova, em um corte da estrada Bagé-Aceguá, cêrca de 20 quilômetros de Bagé.

mais grosseiros como os que ocorrem mais para o sul.

Trata-se de uma sequência de arenitos muito finos a médios, com estratificação cruzada de pequenos ângulos (4°), com espessura das co-sequências cruzadas da ordem de 40 a 50 cm. Predomina a cor vermelha apresentando, ainda, tons esverdeados. Nos arenitos ocorrem algumas raspas de argila da ordem de 2 a 5 cm. Algumas camadas de arenito são calcificadas. Esta sequência de arenitos e siltitos se desenvolve mais para o sul, começando a aflorar entre os quilômetros 21 e 22. A Fotografia nº 8 ilustra o aspecto geral dos afloramentos desta área. Perto do km 22,4 o conjunto se apresenta bastante arenoso, ressaltando na topografia, embora no topo do morro não aflore, por estar coberto por solo arenoso.

Perto do km 29,5, ainda subindo na coluna estratigráfica e na topografia, a Estrada Nova superior se apresenta com lentes calcárias e o conjunto todo mergulha 3° para sul. Cerca de 500 m adiante (m 30) a Formação apresenta corpos irregulares de siltitos e arenitos de cores variadas e esverdeadas, com mergulhos fortes de 30° para norte, devido a um falhamento.

No km 31, os arenitos vermelhos, ainda mergulhando para norte, porém com mergulho mais suave, protegem os afloramentos da parte inferior da Formação, que passa a aflorar nos cortes de estrada em direção ao sul. A sequência se repete inversamente em relação ao que aflorou antes, aflorando a parte inferior da Formação Estrada Nova até o km 35. Nesse local, ainda na parte inferior da Estrada Nova, mesmo no pacote de siltitos verdes e vermelhos, aflora uma camada de arenito com cerca de 3 m de espessura, com estratificação grosseira, mergulhando para norte; 800 m adiante aflora a Estrada Nova cinza-chumbo, argiloso. O contato inferior da Estrada Nova com o Iratí não aflora nesse local estando encoberto por solo nos arredores do km 36. No km 36,4 aflora a fácies superior do Iratí com as concreções típicas e os preenchimentos verticais, todo o conjunto mergulhando 7° para norte. À medida que se vai para sul o mergulho do conjunto se vai tornando mais suave até que no km 37,2 as camadas estão horizontais.

No km 43 os siltitos argilosos cinza-chumbo, com concreções calcárias amarelo-palha, apresentam uma inversão de mergulho, voltando a mergulhar para sul, com mergulho de 3°.

Do km 44 ao 47, os sedimentitos do Irati, são recobertos pelos sedimentos quaternários. No km 48, a Formação Irati, com veios de sílica e com lentes calcárias continua aflorando horizontalizada. No km 50,5 está em contato com a parte inferior da Formação Estrada Nova, em um contato semelhante aos anteriormente descritos, mergulhando, aqui, 5° para sul.

Do km 51 ao km 55,5 afloram novamente os lamitos do Estrada Nova inferior repetindo a seqüência vista mais próximo a Bagé. Na altura do km 56 começam a aflorar os leitos arenosos que definem a parte superior do Estrada Nova neste perfil. Os corpos arenosos são encimados por corpos finos com lentes calcárias elipsoidais. No km 59,3 ocorre o contato por falha dos sedimentitos gonduânicos com o Embasamento Cristalino.

IV.3. Perfil Caveiras - Ibicuí da Armada

A oeste de Dom Pedrito a Formação Irati se apresenta com suas duas fácies: a fácies folhelho preto e a fácies folhelho cinza-chumbo com lentes amarelo-palha. Nesta região, como na de São Gabriel, ou de Biboca, a fácies que inclui as duas camadas de folhelhos pretos pirobetuminosos, ocupa a porção inferior da unidade, sendo coberta pela fácies folhelho cinza, com veios preenchidos por sílica. Nesta área, as pesquisas da Petrobrás, através de mais de 100 sondagens, conforme os dados de PADULA (1968), indicaram para o conjunto de folhelhos pretos com folhelhos cinzas intercalados, uma espessura ao redor de 21,5 a 23,0 m. PADULA (op. cit.) toma o Irati no sentido de folhelhos pretos e cinzas intercalados, chamando Serra Alta ao que MACHADO (1954) considerou como parte superior do Irati no Cêrro das Caveiras. Naquele trabalho, PADULA (op. cit.) reconheceu duas fácies

na Formação Irati: a argilosa e a carbonática. De acordo com o autor em aprêço, "a fácies argilosa compõe-se de folhelhos pirobetuminosos e não betuminosos, de coloração cinza-clara e cinza-escura, e castanha a negra. A fácies carbonática é representada por calcários e dolomitos de coloração creme a cinza muito escura". A outra fácies, que ocorre sobre os calcários, é colocada na Formação Serra Alta, caracterizando-a como "constituída de folhelhos cinza-claros a cinza-escuros, maciços, com fratura concóide e intercalações de lentes de calcário amarelo-palha" e continua: "No Rio Grande do Sul uma das características peculiares à Formação Serra Alta é a abundância de veios silicosos que recortam os folhelhos da Formação".

Nesta área, como em todos os lugares de ocorrência de folhelhos pretos visitados no Estado, os afloramentos do folhelho pirobetuminoso são pobres, vindo a aflorar apenas em poucos lugares, especialmente quando o desenvolvimento das lentes de calcário é maior. MACHADO (1954) em Relatório interno da Comissão Especial de Obras de Irrigação, da Secretaria de Obras Públicas, descreve a passagem da Formação Irati para a Formação Estrada Nova, no Cêrro das Caveiras. A figura 7, copiada daquele Relatório, mostra o detalhe das relações das rochas presentes. Nesta secção, na base do Cêrro das Caveiras, aflora, com espessura de 21 m, um conjunto de folhelhos azulados, físseis sobre um conjunto de folhelhos e calcários fossilíferos com Mesosaurus, e o folhelho preto pirobetuminoso, semi-papiráceo. Na parte média a superior o folhelho azulado é atravessado por veio preenchidos por sílica, em sistema formando planos quase ortogonais entre si, em 3 direções principais, oblíquas à estratificação, com 5 cm de espessura. Esta descrição é representativa da parte inferior do Grupo Passa Dois na área.

O perfil apresentado na Figura 8 inicia um pouco ao sul do Cêrro das Caveiras, no Município de Dom Pedrito e se estende em direção oeste da rodovia BR - 293 até a margem esquerda do Rio Ibicuí da Armada. O perfil foi descrito de leste para oeste, tendo iniciado 2 km antes do entroncamento da BR - 293 com a estrada que vai para Rosário do

FOLHELHO SÍLTICO ESVERDEADO, ENTREMEADO COM AVERMELHADO, COM LENTES CALCÍFERAS.

FOLHELHO SÍLTICO CINZA CHUMBO CORTADO POR VEIOS PREENCHIDOS POR SÍLICA. ENCONTRAM-SE IMERSAS NO FOLHELHO LENTES DE CALCÁRIO AMARELO-PALHA.

LEGENDA: Cf. figura 19-anexo I

ESQUEMA DA PASSAGEM GRADACIONAL DA FORMAÇÃO IRATI PARA A FORMAÇÃO ESTRADA NOVA

Figura 6

LEGENDA: Cf. figura 19-anexo I

ESC.

5m SECÇÃO COLUNAR COMPOSTA DA ÁREA DO CÊRRO DAS CAVEIRAS

- cf. Machado 1956 -

Figura 7

Sul, na região de Caveiras. Nesse local são muito abundantes os folhelhos silticos cinza-chumbo, com fratura concóide com concreções amarelo-palha, da Formação Irati.

A passagem para a parte inferior do Estrada Nova é gradacional; todavia, o limite é preciso e, semelhantemente aos outros lugares do Estado, se faz pela ocorrência de um siltito róseo para vinho, que forma nítido ressalto morfológico. Nessa localidade, os veios ocorrentes no pacote cinza não chegam até os sedimentitos côr de vinho, devendo-se entretanto, lembrar que no perfil Bagé-Aceguá alguns veios adentram-se até 50 cm no pacote vermelho. Ainda na região do Cêrro das Caveiras tem-se os folhelhos bordôs e siltitos róseos sobrepostos por corpos lenticulares de calcários róseos e calcários arenosos.

Cêrca de 500 m a oeste do entroncamento das estradas BR - 293 e Dom Pedrito-Rosário, defronte à entrada do local de remate da Cabanha Santana, no corte de estrada, ocorre um folhelho cinza com manchas avermelhadas, com concreções calcárias de aproximadamente 50 cm de diâmetro maior e 15 cm de espessura, de forma elipsoidal achatada, com restos de conchas, dentes e escamas de peixe. Estas concreções são calcificações do próprio sedimento em tórno do material orgânico, estando a estratificação preservada dentro das concreções. Os grãos detríticos estão substituídos por carbonatos.

A análise de raios-X dos minerais argilosos revelou que o argilo-mineral predominante é a montmorillonita, à semelhança dos demais afloramentos dêsse nível estratigráfico em outros lugares do Estado.

Tomando-se a direção oeste, pela estrada BR-293, até cêrca de 7,5 km do entroncamento antes mencionado (Caveiras) afloram os lutitos vermelhos da parte inferior do Estrada Nova. A estratificação é plano-paralela, a côr é vermelho tijolo com tons esverdeados, fratura concóide, com têrmos arenosos em forma de lentes. A Fotografia nº 9 mostra o modo de ocorrência dêsses corpos.

A partir de 7,5 km a oeste do mencionado entron

PERFIL GEOLOÓGICO IBICUI DA ARMADA - CAVEIRAS
AO LONGO DA BR-293

Figura 8

LEGENDA: Cf. figura 19 - anexo I

Fotografia nº 9 - Lutitos vermelhos e brancos, com estratificação plano-paralela e níveis calcíferos da parte inferior da Formação Estrada Nova, em corte de estrada a oeste da região de Caveiras, na BR 293.

Fotografia nº 10 - Arenito róseo com estrutura acanalada, da Formação Rosário do Sul, aflorante a 6 km a leste do rio Ibiçuí da Armada, em corte de estrada da BR-293.

camento os trmos arenosos comeam a predominar para o tpo. As camadas arenosas so da ordem de 30 a 50 cm de espessura, os estratos so cruzados, indicando correntes, o tamanho dos gros de areia mdia a areia fina.

No km 9 do cruzamento referido, volta a aparecer a fcies argilosa inferior at perto do km 11,5 quando, novamente, aflora a fcies arenosa superior, com as mesmas caractersticas dos afloramentos anteriores, at o km 12, onde h o contato da fcies arenosa da Formao Estrada Nova, com os arenitos mdios com estratificao cruzada acanalada da Formao Rosrio do Sul. Nste contato no h uma evidncia clara de discordncia, como na regio de Tupi Silveira.

No km 13,3 volta a aflorar o Estrada Nova superior at o km 14,4 sempre com os trmos arenosos em tudo semelhante aos descritos no perfil Bag-Acegu. A seguir, at o km 16,3, aflora a Formao Rosrio do Sul. Neste corte de estrada os arenitos da Formao Rosrio do Sul tm estratificao cruzada acanalada e planar que corta os lamitos da parte superior do Estrada Nova. A Fotografia n. 10 mostra um canal da Formao Rosrio do Sul nsse local. A partir da volta a aflorar a parte superior da Formao Estrada Nova, sendo coberta, no km 19, por uma pequena espessura de Rosrio do Sul. Na parte superior da Formao Estrada Nova, afloram grandes lentes calcrias, da ordem de 3 m de dimetro, de forma elipsoidal achatada, imersas em lamitos e arenitos muito finos com cres vermelhas e esverdeadas alternadas, tpicas da parte mais superior da Formao, no s nessa seco como na de So Gabriel - Rosrio, descrita por GAMERMANN (1970), na de Tiaraj para norte e na de So Sep - Passo do Verde.

Esta seqncia coberta pelos sedimentos quaternrios do Rio Ibicu da Armada, sendo que a partir do lado oeste do aluvio afloram os arenitos vermelhos da Formao Rosrio do Sul.

IV.4. Perfil da sondagem PN-19-SG

A sondagem PN-19-SG, da CRM, feita no municpio

de São Gabriel **tinha o fim** de observar o comportamento da formação portadora de carvão para o interior da Bacia. Os dados fornecidos pela CRM mostraram que atingiu a profundidade de 313,96m cortando, inclusive algumas rochas consideradas como do Sub-Grupo Itararé. Cortou 136,26m das rochas da Formação Rio Bonito, aqui representada por siltitos e arenitos muito finos, com laminação cruzada, micáceo, com matéria orgânica disseminada, e alguns leitos de arenitos médios quartzosos intercalados dentro da sequência pelítica. A sequência do Palermo, aí representada por 140,77m é semelhante à do Rio Bonito, acima descrito, apresentando-se com suas estruturas de escorregamento típicas e principalmente siltitos. A passagem para o Irati é absolutamente gradacional, sendo considerado o contato na ocorrência de um nível calcário, que é coberto por um folhelho preto, com laminação plano-paralela, abundância de areia fina, esverdeada, com escamas e dentes de peixe. Bem na base apresenta nítida interlaminação da areia fina, silte e argila, com pirita disseminada.

Nessa perfuração foram cortados 30,80 m de Irati, sem que tivesse sido descrita qualquer camada de folhelho pirobetuminoso que ocorresse de maneira conspícua, mas apenas alguns níveis de folhelhos pretos.

Esse perfil, mostra claramente a relação Rio Bonito-Palermo para o centro da Bacia e a passagem gradacional do Palermo para o Irati.

Foram feitas análises de mineralogia de argilas por difração de raios-X em algumas amostras das Formações Palermo e Irati da sondagem PN-19-SG. A tabela nº 1 dispõe a avaliação qualitativa da incidência dos diversos argilo-minerais. Observou-se que, à semelhança dos demais poços estudados, o argilo-mineral predominante é a montmorilonita sendo que, nesta perfuração, a predominância relativa da montmorilonita é maior que nas demais, para o Irati, devendo ser ressaltada a presença constante de pequenas quantidades de illita.

A Figura 9 mostra difratogramas de raios-X de uma amostra da Formação Irati e de uma amostra da Formação Palermo nesse poço, onde foram assinalados os conceitos usa

dos para a avaliação qualitativa que consta da Tabela nº 1.

Tabela nº 1

AValiação qualitativa da incidência dos argilo-minerais
nos sedimentitos das formações Irati e Palermo da Peru-
ração PN-19-SG

	Prof. da amostra	Montmorilonita	Ilita	Caolinita	10-14 M	Clorita
F M. I R A T I	até 11,70m	P	T	T		
	14,74 - 19,09m	P	T	T		
	19,09 - 22,09m	P	T		T	
	22,09 - 23,03m	P	T		T	
	23,03 - 24,57m	P	M		M	
	30,80 - 34,00m	P	T		M	
F M. P A L E R M O	34,00 - 40,33m	P	M	M	M	
	40,33 - 49,46m	P	T	T	M	T
	49,46 - 51,95m	P	T	M	M	
	51,95 - 55,54m	P	M	M	M	
	55,54 - 64,00m	P	T	T	M	
	67,85 - 70,00m	P	T	T	T	
P- mineral predominante; M- abundância média; T- apenas traços						

Os dados estatísticos obtidos das análises granulométricas das amostras do PN-19-SG estão dispostos na Tabela nº 2. A observação dos resultados mostra que, nesta perfuração, o Palermo apresentou, de uma maneira geral, médias e medianas mais baixas que o Irati e as amostras do Irati apresentaram melhor classificação em relação às do Pa-

DIFRATOGRAMAS DE RAIOS-X DE AMOSTRAS ORIENTADAS DA FRAÇÃO ARGILA

- I - 40,33 - 49,45m - Sondagem PN-19-SG (Formação Palermo)
 II - 22,09 - 23,03m - Sondagem PN-19-SG (Formação Irati)

P - Predominante M - Abundância média T - Traços

(CONSTANTES USADAS: SF 8/1/2, 1°/min, Cu)

lermo. Todas as amostras apresentaram assimetria baixa e sempre positiva. As formas das curvas granulométricas deixaram claro o aspecto mais siltico do Palermo, em relação às do Irati.

Tabela nº 2

PARÂMETROS ESTATÍSTICOS DAS ANÁLISES GRANULOMÉTRICAS DE AMOSTRAS DA SONDAGEM PN-19-SG, calculados segundo Inman 1952							
	prof. da amostra	Md ϕ	M ϕ	$\sigma \phi$	$\alpha_1 \phi$	$\alpha_2 \phi$	
I R A T I	14,74 - 19,09m	4,52	5,03	1,03	0,49	1,15	
	19,09 - 22,09m	4,50	5,70	1,65	0,72	1,32	
	22,09 - 23,03m	4,20	4,43	0,37	0,62	1,91	
	médias	4,40	5,05	1,01	0,61	1,46	
P A L E R M O	40,33 - 49,46m	5,61	6,25	2,15	0,53	0,71	
	51,95 - 55,51m	5,4	6,30	2,15	0,41	0,60	
	55,51 - 64,00m	5,5	6,25	2,05	0,36	0,59	
	médias	5,3	6,26	2,11	0,43	0,64	

Cabe ressaltar que, as diferenças acima citadas não são suficientemente grandes para caracterizar os dois trastes de sedimentitos; nem o número de amostras analisadas é suficiente para que se tome esta interpretação num sentido mais amplo. Deve também ser lembrado que os dados para o Palermo neste poço são um pouco diferentes dos de outros poços da área da Mina do Leão, como se verá adiante.

IV.5. Perfil Tiarajù para norte

Este perfil iniciou no contato do aluvião do Ba

nhado de São Gabriel com os ~~sedimentitos~~ da Formação Irati, a sul da estação ferroviária de Tiaraju, seguindo a estrada que liga São Gabriel a Dilermando Aguiar, passando junto ao marco do Caiboaté Grande. Considerou-se esse contato a sul de Tiaraju como marco inicial (km 0), para efeito desta descrição. A Figura 10-A esquematiza as relações de contato desse perfil.

O contato do recente se dá com um folhelho siltico cinza-azulado, com fratura concóide. Foi feito um perfil detalhado desde o km. 0,8 até o folhelho pirobetuminoso superior, com o fim de definir, em afloramento, a maneira de ocorrência da sequência aqui considerada como típica da fácies que contém os folhelhos pirobetuminosos da Formação Irati no Rio Grande do Sul. Este perfil detalhado está representado na Figura 10-C. De baixo para cima observa-se: 1 - Folhelho cinza-esverdeado, bastante fraturado, com direção predominante N 35-40° E. Esse folhelho apresenta camadas intermitentes de pequenas espessuras (3 a 5 cm) de folhelho preto intemperizado, até que predomina, nitidamente, o folhelho preto por cerca de 5 m; 2m. Acima deste folhelho preto torna a ocorrer o folhelho siltico cinza-azulado, com fratura concóide, com lentes de calcário amarelo-palha; estas lentes estão intemperizadas e algumas vezes com vestígios de óleo. Esse folhelho aflora com cerca de 10 m de espessura até que o perfil é coberto por solo, voltando a aflorar cerca de 400 m adiante, ainda com o mesmo folhelho siltico. 3 - A seguir aflora um folhelho siltico cinza-escuro, intercalado com camadas de folhelho preto pirobetuminoso e lentes de calcário. Abaixo do folhelho preto PADULA (1968) registrou a ocorrência de delgadas camadas de argila bentonítica, da ordem de poucos centímetros de espessura. A parte superior apresenta entre as camadas de folhelho preto pirobetuminoso, camadas preenchidas por sílica, que ressaltam no afloramento.

Nesta região, a poucas centenas de metros da seção, nesta mesma altura estratigráfica, ocorre um folhelho papiráceo, marrom devido ao intemperismo, que contém impressões de carapaças de crustáceos. Ainda nesta localidade, nas lentes de calcário que estão sobre os folhelhos pretos, ocorrem vértebras e costelas desarticuladas de Mesosaurus.

EXAGÉRO: 10x

A

EXAGÉRO: 10x

B

EXAGÉRO: 10x

C

LEGENDA: Cf. figura 19 - anexo I

PERFIL TIARAJU PARA NORTE

Figura 10

Este conjunto, que inclui os folhelhos pretos, ocorre de modo bastante semelhante nas áreas de Biboca e Dom Pedrito, inclusive na maneira de ocorrência dos fósseis. Foi escolhido esse local para localidade tipo desta associação faciológica no Rio Grande do Sul, como será discutido adiante, por apresentar melhores afloramentos e ser de mais fácil acesso.

A seguir, com continuidade de deposição, aflora, novamente, o folhelho siltico cinza-azulado, com lentes calcárias amarelo-palha com 80 cm de comprimento e 20 cm de espessura. Todo o conjunto é cortado por veios que se intersectam em 3 direções, quase ortogonais entre si, com espessuras que variam de 1 a 15 cm. Esses veios são mais abundantes a medida que se vai mais para o topo da Formação, da mesma forma que ocorre ao sul do Passo do Valente ou na área de Cavalas. PADULA (1968) chamou a este conjunto de Formação Serra Alta, como já foi comentado.

No km 7 começam a aparecer os primeiros tons vermelhos nos folhelhos silticos determinando a passagem da Formação Irati para a Formação Estrada Nova, à semelhança das outras seções descritas. Neste local o contato está coberto. As concreções que comumente ocorrem nesta altura estratigráfica, em outras localidades, são elipsoidais, de cor cinza-claro, com tons avermelhados disseminados e diâmetro da ordem de 30 cm. porém, nesse local, essas concreções estão ocorrendo com diâmetros da ordem de 1,5m. Também nessa seção os veios verticais preenchidos com sílica não ocorrem na Formação Estrada Nova.

Esta sequência segue monotonamente até o km 10, com folhelhos cinza-chumbo com tons avermelhados e escasas concreções calcárias róseas, com 70 cm de diâmetro. A partir daí começa a se intensificar a incidência de cores vermelhas no lamitos, a granulometria fica um pouco mais siltica até que no km 16 aparecem, nos lamitos, concreções de 1,0 m de diâmetro, de formas elipsoidais, algumas com septárias. Nesta região ocorrem algumas pequenas falhas, que não foram representadas no perfil geral da Figura 10-A. Gradacionalmente, desde o km 13, as camadas se enriquecem em areia fina ressal

tando na topografia.

No km 16,5 foi feito o perfil detalhado desenhado na Figura 10-B, onde se pode observar as relações entre as camadas de areia e lamitos e as concreções calcárias, conjunto típico da litofácies superior da Formação Estrada Nova no Rio Grande do Sul. As camadas de arenito são predominantemente lenticulares e se alternam com as camadas de lamitos calcíferos e lentes calcárias. O conjunto tem uma coloração predominantemente rósea, todavia, a rocha fresca tem coloração cinza-esverdeada entremeada com cores vinho. A Fotografia nº 11 mostra um aspecto de afloramento desta parte superior, onde predominam os siltitos argilosos e se destacam os níveis de concreções calcárias, algumas com septárias.

O estudo dessas concreções mostrou que são constituídas principalmente por micrito, com raros grãos de tamanho silte de quartzo e feldspato esparsos na trama do carbonato. Os veios que cortam a concreção são constituídos, principalmente, por calcita espática e por sílica em forma de quartzo leitoso.

Mais para o topo voltam os arenitos intercalados com lamitos e as lentes de calcário com alguns restos de escamas de peixe. O ataque com ácido clorídrico revelou 27% de resíduo insolúvel que é constituído principalmente por quartzo e feldspato e contém, acessoriamente, turmalina, sericita e muscovita. Em lâmina delgada observou-se que os grãos detríticos, via de regra, não apresentam contato grão a grão estando imersos em uma massa de micrito. Em alguns pontos da lâmina pode-se observar a substituição gradual do quartzo e do feldspato por carbonato. A maior parte do carbonato é constituída por dolomita.

No km 19 foi colocado o contato com a Formação Rosário do Sul. Este contato está coberto e a partir desse ponto, afloram os arenitos com estratificação cruzada acanalada, como o que é mostrado na Fotografia nº 12.

IV.6. Perfil São Sepé-Passo do Verde

Tem início na cidade de São Sepé, seguindo em di

Fotografia nº 11 - Afloramento da sequência de lamitos que ocorre entre têrmos arenosos da parte superior da Formação Estrada Nova a norte de Tiarajá. Observam-se os níveis de pequenas concreções calcárias, algumas com septárias.

Fotografia nº 12 - Aspecto da estratificação cruzada planar da Formação Rosário do Sul, visto a 18 quilômetros a norte de Tiarajá.

reção norte, na estrada que leva para Santa Maria e termina no Passo do Verde. A Figura 11 representa o perfil numa escala vertical exagerada 50 vezes em relação à horizontal, a fim de poder ressaltar os dados e os aspectos topográficos, uma vez que a morfologia do terreno é de um ondulado muito suave.

Foi considerado km 0 a praça central de São Sepé. O contato dos sedimentitos gonduânicos com o granito, nesse perfil, está a 5,5 km de São Sepé e se dá com os folhelhos silticos da Formação Palermo, estando estes em transgressão sobre os sedimentitos da Formação Rio Bonito. Aí o Palermo aflora por cerca de 2 km, tendo sido sua espessura estimada em aproximadamente 20 m. A passagem da Formação Palermo para a Formação Irati está coberta, sendo que, no km 12 se dá o primeiro afloramento de folhelhos cinza-azulados da Formação Irati em contato com um sill de diabásio que aflora em vários lugares daquela região, indo até a estrada que leva a Formigueiro.

Sobre o sill segue-se uma sequência de folhelhos silticos cinza-azulados, com ocasionais lentes calcíferas de cor amarelo-palha. Estes folhelhos se intemperizam para uma coloração amarelada. A partir do km 16 começam a ocorrer os veios preenchidos por sílica, juntamente com concreções calcárias. Nessa seção não aflora a fácies folhelho preto ocorrente em algumas das seções descritas e a espessura da Formação Irati é de 35 m.

Nessa seção, desde a base, começam a ocorrer as concreções calcárias, elipsoidais, com textura granular, com diâmetro da ordem de 1,5m, que estão mostradas na Fotografia nº 13. A passagem para a Formação Estrada Nova é gradual, começando a aparecer as cores vermelhas entremeadas com as cinza-esverdeadas ao redor do km 20.

A sequência do Estrada Nova tem cerca de 30m de espessura, sendo encimada por arenitos médios com estratificação cruzada planar e acanalada que afloram do km 23 ao km 24 e pertencem à Formação Rosário do Sul. A partir do km 24 voltam a aflorar os folhelhos, siltitos e lentes de arenitos da Formação Estrada Nova, até o aluvião do Rio Vacacaí,

45-

PERFIL SÃO SEPE' - PASSO DO VERDE

ESCALA HORIZONTAL 1:125000
 ESCALA VERTICAL 1:2500
 LEGENDA: Cf. figura 19 - anexo I

no Passo do Verde.

A sequência do Estrada Nova aí é monótona, ocorrendo dois níveis principais de concreções, um junto à base e outro junto ao topo. À medida que se sobe na estratigrafia ocorre algum enriquecimento nos termos arenosos, sempre com características lenticulares, e sempre subordinados em relação aos siltitos e folhelhos. A passagem entre as duas fácies é gradual, podendo-se considerar como da fácies arenosa apenas os siltitos e lamitos do topo, com concreções de grande porte. Algumas análises granulométricas de amostras da fácies superior do Estrada Nova, nessa região, mostraram ser a mediana ao redor de $3,1 \phi$, o desvio padrão $0,759 \phi$ e uma ligeira assimetria positiva.

Ao norte do Passo do Verde os primeiros afloramentos são da Formação Rosário do Sul, representados por lamitos vermelhos e arenitos róseos com estratificação original planar e acanalada.

IV.7. Área Formigueiro - Farro Vermelho

A secção colunar composta apresentada na Figura 12, foi feita através do estudo dos afloramentos que ocorrem nos arredores da cidade de Formigueiro, especialmente na estrada que liga Formigueiro a São Sepé. O entroncamento desta estrada com a estrada São Sepé-Santa Maria se dá sobre a Formação Irati, na sua fácies não betuminosa, conforme foi visto no perfil São Sepé-Passo do Verde.

A Formação Irati é aí representada por um folhelho siltico cinza-azulado, com côr de intemperismo amarelada que contém lentes de calcário amarelo-palha. A Fotografia nº 14 mostra uma bossoroca nesta litologia, onde se observam algumas concreções amarelo-palha. À medida que se sobe na estratigrafia, começam a aparecer os veios preenchidos por sílica e por calcita, que vão até o topo da Formação.

Da mesma maneira que ocorre nas outras regiões do Estado, a passagem da Formação Irati para Estrada Nova é gradacional e marcada pelo aparecimento das côres vermelhas nos folhelhos cinza-esverdeados e nas concreções calcárias.

Fotografia nº 13 - Concreções calcárias da parte superior do Estrada Nova, em um corte da estrada São Sepé-Santa Maria, perto da Vila Bloch.

Fotografia nº 14 - Aspecto de uma bossoroca nos sedimentitos da Formação Iratã, na estrada São Sepé-Formigueiro, constituídos de folhelhos cinza-chumbo com concreções calcárias de cor amarelo-palha.

As concreções têm uma forma elipsoidal e medem cerca de 1,5m de diâmetro, tendo cores rosadas. O teor de silte torna-se mais elevado, passando muitas vezes a constituir um siltito argiloso. Cerca de 10m acima da base, nesta região, começam a aparecer lentes de arenitos muito finos de cores rosa a vinho, que são calcificadas. As análises granulométricas de amostras de afloramento da parte superior da Formação Estrada Nova, dessa área, mostraram uma variação de mediana entre 2,5 e 3,3 ϕ e o tamanho médio variando entre 2,55 e 3,63 ϕ ; os valores de desvio padrão variaram entre 0,54 e 1,07 ϕ , caracterizando, desta forma, a presença de arenitos muito finos intercalados na sequência superior da Formação Estrada Nova.

Todavia, estes arenitos não chegam a ser o elemento predominante voltando, nesta mesma seção, a ocorrer lamitos vermelhos entremeados com cores cinza-esverdeadas.

As grandes lentes de calcário que ocorrem perto do topo da Formação, estão presentes a 20 m da base da Formação Estrada Nova. Sobre o nível de concreções de grande diâmetro jazem mais 10 m de lamitos e arenitos até a ocorrência dos arenitos médios, róseos, com estratificação cruzada acanalada da Formação Rosário do Sul, na cidade de Formigueiro.

A espessura total da Formação Estrada Nova, na área, é de cerca de 31 m, sendo 13 m da litofácies superior que, aí, é predominantemente lamítica, como na seção de São Sepé-Passo do Verde.

A sudeste de Formigueiro, na região de Barro Vermelho, também ocorre uma sequência semelhante. Em nenhuma das duas áreas foram encontrados, em afloramento, indícios de folhelho pirobetuminoso, que caracteriza a litofácies ocorrente em Tiaraju, e a passagem se dá com o Grupo Tubarão, através de um folhelho siltico, pouco desenvolvido, da Formação Palermo.

Os dados de superfície foram aqui considerados como confirmados pelos dados da sondagem CS3-Fl-RS, da Superintendência da Industrialização do Xisto, da Petrobrás, cuja descrição foi gentilmente cedida. Nesta sondagem, até os

39,86 m, foi perfurada uma sequência de siltitos e folhelhos silticos de cor vermelho-cerâmica, com uma intercalação de arenitos cinza-arroxeados, finos, maciços, assim distribuídos: dos 15,86 aos 28,35 m há uma sucessão de folhelhos silticos com cores que vão do cinza-azulado ao marrom-avermelhado; dos 28,35 aos 39,86 m folhelho siltico cinza-azulado, algo micáceo, não laminado, com fratura bastante irregular. A sondagem foi interrompida nos 55,10 m por serem interpretados como pertencentes ao Palermo os sedimentitos perfurados. Note-se que não ocorreu nenhuma camada de folhelho pirobetuminoso.

Já na região do Piquiri, mais a leste, a sonda gem CS5-F3-RS encontrou uma camada de 2,90 m de folhelho pirobetuminoso associado com calcário piritoso e mais duas camadas pequenas de folhelho pirobetuminoso intercaladas com folhelho cinza-escuro, micáceo e lentes de calcário. Este conjunto pode ser reconhecido como semelhante à fácies ocorrente em Tiaraju, que ocorre na região do Piquiri, mas não ocorre nem na região Formigueiro-Barro Vermelho, nem na estrada São Sepé-Santa Maria.

IV.8. Perfil Pantano Grande

Foi feita uma seção geológica transversal à direção das camadas gonduânicas na altura do Pantano Grande, que começa 5,5 km ao sul da BR-290, na estrada que vai para Encruzilhada do Sul, até 4,0 km a norte da BR-290, pela antiga estrada que vai para Rio Pardo. A Figura 13 mostra o perfil e uma seção colunar composta para aquela área.

Embora mais para o sul aflore a Formação Rio Bonito, nesse perfil a Formação Palermo está em transgressão sobre um promontório do embasamento, no início do perfil. Segue-se-lhe, com passagem gradacional, a Formação Irati, constituída de folhelhos silticos cinza-azulados, com concreções calcárias de 2,0 m de diâmetro maior e 20 cm de espessura.

Esse pacote de folhelhos cinza é coberto por um

Fm
PALERMO

Fm
IRATI

Fm
ESTRADA
NOVA

Fm
ROSÁRIO
DO SUL

Arenito médio, róseo, com estrat. cruzada acanalada, congl. intraform. const. de pelotas de argila
Siltito argiloso de cores cinza e verm. alternadas com concreções calcíferas elipsoidais e
camadas lenticulares de arenitos calcíferos com estrat. cruzada e lentes de calcário arenoso
Folhelho siltico cinza chumbo com grandes lentes calcíferas e estrutura cone-em-cone

Folhelho papiráceo com impressões de crustáceos e restos de plantas

Coberto

Folhelho siltico cinza com lentes calcárias amarelo-palha

Folhelho siltico cinza com estruturas de escorregamento

Embasamento cristalino

PERFIL PERPENDICULAR AO MERGULHO DAS CAMADAS E
SECÇÃO COLUNAR COMPOSTA DA ÁREA DE PANTANO GRANDE

folhelho papiráceo marron, que contém impressões de crustáceos, restos de plantas não determinadas e escamas de peixe tipo ganóide. A espessura do folhelho papiráceo é de cerca de 4,0 m. Sobreposto a êle volta a ocorrer o folhelho cinza azulado que, gradacionalmente, vai se tornando de um cinza mais claro, no qual passa a ocorrer concreções com estrutura cone-em-cone, que, nesta região, marca a base da Formação Estrada Nova.

Cêrca de 2,0 m acima dessas concreções começam a aparecer os tons avermelhados típicos da Formação Estrada Nova, as lentes de calcário granular, com estratos cruzados, e alguns leitos arenosos com 10 a 30 cm de espessura. Segue-se cêrca de 15 m de folhelho cinza e vermelho com concreções calcárias que, normalmente, ocorrem na parte média da Formação.

A Figura 14 mostra o detalhe do contato entre as Formações Estrada Nova e Rosário do Sul, no corte de estrada da nova rodovia que liga Pantano Grande a Rio Pardo, a 3,5 km de Pantano Grande. A seqüência pelítica cinza, com concreções calcíferas da ordem de 20 cm, é superposta por 5,0 m de siltito róseo com algumas lentes calcíferas da ordem de 10 cm de espessura e 50 a 60 cm de diâmetro maior. O conjunto mergulha 5° para norte. O contato, aí aflorante, se dá com um arenito vermelho, com estratificação plano-parallel, com cêrca de 40 cm, que é sobreposto por um arenito vermelho com estratificação cruzada acanalada, contendo, nos canais, conglomerados intraformacionais com blocos e rasps de argila.

IV.9. Sondagens na região de Rio Pardo

Da área de Rio Pardo foram estudados os perfis e observadas testemunhagens representativas das sondagens PN-18-RP e PN-3-RP, da Companhia Riograndense de Mineração, com o fim de verificar o comportamento das litologias do Passa Dois sob o prisma dos conceitos adquiridos nesta pesquisa.

PERFIL GEOLÓGICO NO CONTATO SUPERIOR DO PASSA DOIS NO R. G. S.
A 3km DE PANTANO GRANDE
NA ESTRADA PARA RIO PARDO

Na perfuração PN-18-RP a fácies arenosa superior da Formação Estrada Nova não está representada, estando os arenitos da Formação Rosário do Sul (21,50 m) diretamente sobre a fácies inferior. Esta fácies inferior, argilosa, cuja área tipo escolhida foi a de Caveiras, mede aí 49,15m e é representada pela seqüência de siltitos, folhelhos silticos e arenitos muito finos, cor de cinza com manchas vermelhas e brancas, semelhantes aos descritos anteriormente, juntamente com níveis ocasionais de calcários e zonas mais calcíferas. O Irati que lhe está sotoposto possui 62,9 m de espessura. Os 45,28 m superiores são constituídos por folhelhos silticos cinzas que apresentam, na parte superior, endurecimentos devido ao silt. que ocorre no contato das formações Irati e Estrada Nova. Alguns níveis mais arenosos também estão presentes. Esta parte foi aqui considerada como a fácies superior, não betuminosa, da Formação Irati, cuja área tipo escolhida para defini-la foi ao sul do Passo do Valente. Os 20,15 m inferiores são folhelhos cinza-escuros, lisos, que gradam inferiormente para folhelhos pretos com lâminas cinza-claras, piritosas, muito micáceas. Da profundidade 111,93 a 122,55 m ocorre um folhelho preto com delgadas listras cinza-claras, extremamente micáceo nos planos de estratificação, com leve teor betuminoso no teste de tetracloreto de carbono, segundo os dados de MACHADO E CASTANHO (1956). Para baixo há graduação para a Formação Palermo através dos folhelhos listrados cinza-escuros, cinza-claros. Esta parte inferior foi aqui considerada como a fácies que inclui os folhelhos pirobetuminosos que ocorrem tipicamente na região de Tiarajú.

A perfuração PN-3-RP iniciou na Formação Irati, tendo perfurado cerca de 45 m desta Formação, que aí é constituída por folhelhos silticos cinza-escuros, piritosos. Dos 16,00 aos 23,50 m perfurou um arenito muito fino, cinza-claro, micáceo, com estratificação fina, piritoso, com calcificação em veios e nódulos. A passagem da Formação Irati para a Formação Palermo é, também, gradacional. O Palermo é constituído, principalmente, por siltito cinza, com planos de estratificação irregulares, micáceos, com gradações sutis para arenitos finos ou folhelhos - silticos, sobre siltitos de

côr cinza, com 3 planos de estratificação com limites marcados, micáceos, com ocasionais lentes e lâminas de material mais claro e mais grosseiro, bem como preenchimento de furos em material mais fino, por arenito branco de médio a grosseiro. Estes sedimentitos estão diretamente sobre a camada superior do carvão.

Os sedimentitos Irati perfurados nessa sondagem, foram considerados como da fácies não betuminosa, descrita na área do Passo do Valente.

IV.10. Sondagens nas áreas do Leão e São Jerônimo

Da mesma forma que na área do Rio Pardo foram observados e estudados testemunhos de algumas sondagens da CRM na área da Mina do Leão e arredores, cedidas para a presente pesquisa.

Na sondagem 180, da Mina do Leão, foram perfurados cerca de 60,0 m de sedimentitos da Formação Irati, aí constituída por uma seqüência de argilas variegadas no tôpo contendo alguns níveis de calcário silicificado. A partir da profundidade 19,07 m começam a ocorrer folhelhos silticos cinzas de tons claros e escuros, finamente estratificados, micáceos, com pequenos nódulos ocasionais de pirita. Este folhelho predomina até a profundidade de 35,50 m ocorrendo, nesse intervalo, duas camadas finas (uma de 0,13 m e outra de 1,00 m) de arenito fino, cinza, micáceo. Logo acima ocorrem níveis de gipsita entremeados com material argiloso siltico. Na altura dos 38,00 m de profundidade ocorre um siltito cinza com inclusões argilosas e deformações na estratificação, indicando um provável retrabalhamento, tendo ocorrido vértebras e costelas de Mesosaurus e dentes de Pleuracontideos. Dos 38,80 aos 42,60 m ocorre um arenito fino cinza, às vezes levemente esverdeado, finamente estratificado, muito micáceo, com deformações na estratificação.

A gradação da Formação Irati para a Formação Palermo é visível nessa perfuração através de intercalações de arenitos muito finos e siltitos cinza-esverdeados, muito mi

calcários, finamente estratificados com folhelhos silticos cinza-claros, micáceos. Esta sequência vai dos 42,60 aos 60,00 m de profundidade. Caracterizam a passagem os ritmos da estratificação ressaltados pelas cores claras e escuras dando um aspecto listrado ao conjunto.

Dos 60,00 aos 92,80 m predomina nitidamente o folhelho siltico com areia fina e muito fina, de cor cinza escura, micácea, com planos de estratificações irregulares, com matéria orgânica disseminada, sendo que muito frequentemente a estratificação é perturbada por estruturas de escorrimento.

O contato Rio Bonito-Palermo é também gradacional.

A Tabela nº 3 dispõe os resultados da interpretação qualitativa dos argilo-minerais, quanto aos seus tipos e abundância relativa na perfuração F-1 da Mina do Leão. Todas as amostras analisadas pertenciam à Formação Irati. A semelhança das análises realizadas nas outras sondagens o argilo-mineral predominante foi a montmorilonita, ocorrendo, subordinadamente, illita, caulinita e camada mista illita montmorilonita (10-14M) em quantidades aproximadamente iguais. Nesta perfuração ocorreu clorita dos 21,28 aos 33,32 m.

A Figura 15 mostra difratogramas de amostras analisadas onde se podem observar as intensidades relativas dos picos e a avaliação qualitativa utilizada.

A sondagem F-177, da Mina do Leão, iniciou nos sedimentitos da Formação Irati tendo perfurado até a base do carvão da Formação Rio Bonito. Foram perfurados 54,91 m de Irati aí representados por uma sequência de folhelho cor de cinza, ora escuros, ora claros. Ao longo dos dois terços superiores ocorreram níveis brechóides e o que foi descrito como nódulos de quartzo, pelo geólogo da CRM. Ao longo de toda a Formação foram perfurados níveis mais calcíticos que podem ser pequenas lentes e veios milimétricos, preenchidos por calcita. Dos 35,36 aos 54,44 m ocorre um folhelho cinza-escuro, laminado, micáceo, que predomina na parte de cima, interestratificado com um siltito cinza claro, homogêneo

DIFRATOGRAMAS DE RAIOS-X DE AMOSTRAS ORIENTADAS DA FRAÇÃO ARGILA

I - 21,69-22,67m Sondagem F-1. Leão

II - 17,75-20,30m Sondagem F-177. Leão

(CONSTANTES USADAS: SF 8/1/2, 1°/min, Cu)

P - Predominante A - Abundante M - Pequena quantidade
T - Traços

e um arenito fino, cinza-esverdeado, com microestratificação cruzado. Nos siltitos ocorrem sinais de deformações perno contemporâneas.

Tabela nº 3

AVALIAÇÃO QUALITATIVA DOS TIPOS E ABUNDÂNCIA RELATIVA DOS ARGILO-MINERAIS DOS SEDIMENTOS DA FORMAÇÃO IRATI, NA SONDA GEM F-1 NA MINA DO LEÃO					
Prof. da amostra	Montmor.	Ilita	Caulinita	10/14M	Clorita
Início a 18,71	P	A	M	A	
18,71 - 19,67	P	A	A	A	
19,67 - 21,28	P	A	A	A	
21,28 - 21,67	P	A	A	A	M
21,67 - 22,67	P	A	A	A	M
22,67 - 33,32	P		A	A	T
33,32 - 34,27	P	M	M	A	
34,27 - 37,43	P	A	M	A	
P - Predominante A - Mineral abundante M - pequena quantidade T - Traços					

Na passagem para a Formação Palermo novamente a parecem os folhelhos silticos listrados, com aspecto rítmi co. Foi considerado o termo mais inferior da Formação Irati o lamito cinza-escuro, siltico e micáceo. A Formação Palermo fica, então, caracterizada, nessa perfuração, pelo conjun to de siltitos e folhelhos silticos sem os níveis calcíticos e com as estruturas de escorregamento mostrando, também, a

bundantes perfurações penecontemporâneas na estratificação .

Os sedimentitos da Formação Irati não contém folhelhos prontos entre eles, sendo considerado como fácies Va lente.

Os resultados das análises da fração argila no difratômetro de raios-X das amostras Formações Palermo e Irati, na sondagem F-177 estão dispostos na Tabela nº 4. Trata-se de uma avaliação qualitativa, feita em função da intensidade relativa dos picos dos difratogramas. Esta avaliação tem por finalidade apenas caracterizar os minerais argilosos que constituem a fração mais importante desses sedimentitos.

A observação da Tabela nº 4 leva a concluir o que segue: 1 - tanto na Formação Palermo como Irati o mineral predominante é a montmorilonita; 2 - a ilita ocorre com maior incidência nos sedimentitos da Formação Irati que nos da Formação Palermo, nesta perfuração; 3 - dos 35,36 aos 53,69 m houve uma predominância total da montmorilonita sobre os demais minerais, estando a ilita e a caulinita ocorrendo apenas como traços e tendo ausência de camadas mistas tipo ilita-montmorilonita (10-14M), entre 44,54 e 53,69m ; 4 - a abundância de caulinita e de 10-14M, na parte superior do furo, é semelhante à incidência do Palermo, neste furo; 5 - a clorita apenas foi detectada entre 17,75 e 20,30m.

As quantidades relativas dos argilo-minerais, com a predominância marcante de montmorilonita, a presença de camada mista 10-14M e a forma dos picos dos difratogramas podem indicar que os argilo-minerais são detríticos e não de neoformação.

A Tabela nº 5 dispõe os parâmetros resultantes das análises granulométricas das amostras da sondagem 177. Nela observa-se que se trata de sedimentos finos, com a média das médias (4,86 e 4,50) e a média das medianas (5,3 e 5,02) situadas no intervalo de silte, tanto no Palermo como no Irati. A classificação é boa, sendo o desvio padrão de 1,310 para o Irati e 0,971 para o Palermo. Todos os sedimentitos analisados se mostram assimetricamente positivos,

Tabela nº 4

AVALIAÇÃO QUALITATIVA DOS TIPOS DE ARGILO-MINERAIS E SUA ABUNDÂNCIA RELATIVA NOS SEDIMENTOS DAS FORMAÇÕES TALERMO E IRATI NA SONDAGEM F-177 DA MINA DO IÊÃO					
P - mineral predominante; A - mineral abundante; M - pequena quantidade; T - apenas traços;					
Prof. da amostra	Montmor.	Ilita	Caul.	10/14M	Clorita
7,87 - 10,75	P	T	T	M	T
10,75 - 17,75	P	A	A	M	
17,75 - 20,30	P	A	M	M	
23,35 - 25,83	P	A	A	M	
30,44 - 32,78	P	A	A	M	
32,78 - 33,08	P	A	A	M	
33,08 - 35,36	P	T	T	A	
35,36 - 38,43	P	T	-	M	
38,43 - 41,35	P	-	T	M	
44,54 - 47,59	P	T	T	-	
47,59 - 50,64	P	T	T	-	
50,64 - 53,69	P	T	T	-	
53,69 - 56,68	P	-	M	A	
59,68 - 62,91	P	T	T	A	
62,91 - 65,90	P	-	A	M	
68,70 - 71,50	P	-	A	M	
72,99 - 76,10	P	-	A	M	
76,10 - 80,16	P	-	A	M	
80,16 - 82,10	P	T	A	M	
88,20 - 91,20	P	-	A	M	

indicando uma assimetria para o lado dos finos. O ambiente seria de deposição calma. Pode-se observar, também, que os parâmetros estatísticos não são suficientes para caracterizar uma diferença nas unidades litoestratigráficas aqui consideradas, ao mesmo tempo que corrobora com a idéia de uma semelhança nas condições físicas gerais reinantes por ocasião da deposição desses sedimentos.

Tabela nº 5

F-177 PARÂMETROS ESTATÍSTICOS DA ANÁLISE GRANULOMÉTRICA DE ALGUMAS AMOSTRAS DA SONDAGEM F-177, CALCULADOS SEGUNDO INMAN (1952)					
Profundidade	Md ϕ	M ϕ	σ	σ_1	σ_2
32,78 - 33,08	5,10	5,35	0,98	0,25	1,12
35,56 - 38,43	4,35	5,40	1,20	0,80	1,60
41,35 - 44,54	5,10	6,90	1,60	0,50	0,88
44,54 - 47,59	4,80	5,35	1,15	0,47	1,23
53,69 - 56,68	4,93	5,81	1,82	0,48	0,49
56,68 - 59,86	4,90	5,42	1,17	0,44	1,42
Média	4,86	5,53	1,31	0,49	1,19
65,90 - 68,70	4,50	4,95	0,85	0,52	1,02
85,15 - 88,20	4,50	5,10	1,10	0,50	2,00
Média	4,50	5,02	0,97	0,51	1,51

A sondagem 176, também da Mina do Leão, apresenta um Palermo predominantemente arenoso. Nessa perfuração, a Formação Iratã é ainda constituída de siltitos e folhelhos silticos cinza-chumbo apresentando, também, por volta dos

37,93m a brecha fossilífera, com restos de Mesossaurus, as sinalada por MACHADO e CASTANHO (1956) nas sondagens 180 e 176. A passagem para a Formação Palermo também é marcada pelos folhelhos listrados em tons claros e escuros, de cinza que gradam, para baixo, para um siltito ou arenito fino, cinza, com restos vegetais fósseis.

A sondagem PN-17-SJ é uma das mais completas da borda da Bacia no Rio Grande do Sul, indo desde o topo da Formação Estrada Nova até o embasamento. Na testemunhagem dessa perfuração pode-se distinguir perfeitamente as duas litofácies da Formação Estrada Nova. A fácies superior, (arenosa) é aí representada por 63,22m de arenitos finos argilosos, vermelhos com manchas verde-claras, calcíferos e, ocasionalmente, com lentes calcárias. Este conjunto está sobre uma seqüência de folhelhos e siltitos cinza-claros com manchas bordô, com vários níveis de calcários representando as lentes que são calcificações do próprio sedimento. Muitas vezes se apresenta com estruturas laminadas, às vezes milimetricamente cruzada, apresentando irregularidades e lenticularidades na estratificação, com mica muito fina. Esta seqüência apresenta, nesta perfuração, 50,48m de espessura.

Esses sedimentitos passam gradualmente, para baixo, a siltitos e folhelhos silticos cinza-escuros, lisos, com mica fina, e ocasionais nódulos de pirita. Dos 153,05 aos 162,20m ocorre um pacote de arenito que grada em profundidade para siltito.

Nesta perfuração não foram encontrados os folhelhos pretos pirobetuminosos, nem os calcários típicos da fácies ocorrente em Tiaraju, podendo-se considerar todo o Irati aflorante como pertencente à fácies ocorrente ao sul do Passo do Valente, aí com a espessura de 61,35m.

A passagem gradual para a Formação Palermo se dá através do siltito cinza-chumbo, delicadamente listrado em cinza-claro e cinza-escuro, com calcificação diferencial nesses níveis. Logo abaixo ocorre o siltito com estratificação perturbada do Palermo.

IV.11. Áreas ao redor de Pôrto Alegre

Foi escolhida como representativa dos problemas estratigráficos dos arredores de Pôrto Alegre, a área batizada pelas cidades de Alvorada, Cachoeirinha, Gravataí e Pôrto Alegre. PASSOS e GAVRONSKI (1961) executaram uma pesquisa para carvão na Bacia de Gravataí. Posteriormente, FIGUEIREDO F^o e SCHNEIDER (1968) fizeram um reconhecimento geológico para o Departamento Nacional de Estradas de Rodagem, de cujo relatório foi baseado o mapa apresentado na Figura 16, modificado em base das novas interpretações.

A borda da Bacia é representada pelo Embasamento Cristalino, de idade Pré-Cambriana, aí composto de rochas ígneas ou metamórficas equigranulares. Sobre o granito se depositaram os sedimentitos da Formação Rio Bonito, que incluem carvão. A Formação Palermo, nessa área, diferentemente das demais áreas do Estado, é composta por arenitos muito finos com matriz argilosa, brancos e amarelados e afloram em uma pequena área ao sul do Passo da Canoa e ao redor da cidade de Gravataí, estando a maior parte de seus sedimentitos cobertos pelos depósitos aluvionares quaternários do Rio Gravataí. A Formação Irati aflora na margem direita do Rio Gravataí, sendo também coberta por sedimentos quaternários do Rio Gravataí e do Arroio Barnabé. A Formação Irati é bastante diversificada, sendo composta por folhelhos cinzas e por folhelhos pretos com calcários, consistindo na fácies equivalente à aflorante em Tiaraju, e por siltitos esbranquiçados, duros, atípicos.

A sondagem F 22, descrita por PASSOS e GAVRONSKI (op. cit), na margem direita do Rio Gravataí, até os 73,60m tem 60 metros de lamitos de cor predominantemente cinza. O topo da Formação Rio Bonito está aos 73,60 m. A Formação Palermo não foi separada no perfil apresentado no trabalho. Todavia, pode-se estimar a passagem do Palermo-Irati, aos 56,55 m de profundidade, pela presença de nódulos de sílex. Logo acima, dos 36,12 aos 45,75 m ocorrem margas ocasionais e, aos 36,12 m ocorre um folhelho preto, lustroso. Junto à Ponte de Cachoeirinha, aflora um folhelho intemperizado, de

MAPA GEOLÓGICO DA ÁREA BALIZADA PELAS CIDADES
CACHOEIRINHA , GRAVATAI , PÔRTO ALEGRE E ALVORADA (Figura 16)

ESTRADA DE RODAGEM

BR - 290 TRAÇADO PROJETADO

LAGOA

RIO

ALAGADO

ESCALA 1:50.000
500m 0 1000 2000 3000m

A DECLINAÇÃO MAGNÉTICA CRESCE
8' ANUALMENTE

SONDAGEM

DNPM

CONTATO GEOLÓGICO (inferido)

FALHA

FALHA COBERTA

DEPÓSITOS ALUVIONAIS

FORMAÇÃO GRAVATAÍ

FORMAÇÃO ROSÁRIO DO SUL

FORMAÇÃO ESTRADA NOVA

FORMAÇÃO IRATI

FORMAÇÃO PALERMO

FORMAÇÃO RIO BONITO

EMBASAMENTO CRISTALINO

AI

G

RS

EN

I

Pa

RB

y

côr amarelada, com manchas escuras, que pode ser a alteração de uma camada de folhelho preto. Também aí ocorrem as lentes de calcário com extensão de mais de 10,00 m. Cêrca de 14 km à montante do Rio Gravataí, a partir da Ponte de Cachoeirinha, em época de sêca, o rio deixa aflorar em seu leito um folhelho arenoso calcífero, chegando a constituir extensas lentes calcárias onde, durante a presente pesquisa, foram encontradas costelas de Mesosaurus. A Fotografia nº 15 mostra um desses leitos calcíferos a sul de Gravataí, nas margens do Rio Gravataí.

A Formação Irati, na área de Cachoeirinha, é recoberta por lamitos vermelhos, com espessura máxima avaliada em 12,00 m, que contém, intercaladas, algumas lentes de arenito, que podem ser considerados como pertencentes à Formação Estrada Nova. Deve-se, todavia, ressaltar a total ausência, nesta área, de siltitos e lamitos cinza-esverdeados e das concreções calcárias que ocorrem na Formação Estrada Nova em todo o Estado. De acordo com o estudo de FORMOSO e WILLIG (1969), o argilo mineral predominante é a illita, comportando-se, portanto, diferentemente de outras regiões no Estado, onde o constituinte principal é a montmorilonita.

A sondagem F 36 (PASSOS e GAVRONSKI, op. cit.), a norte de Cachoeirinha, mostra 30,22 m dessas argilas vermelhas, sobre uma sequência de lamitos e siltitos de cor predominantemente cinza, com leitos calcíticos constituindo margas e fendas preenchidas por carbonatos. A sequência cinza com margas foi aqui interpretada como Formação Irati apresentando, nesse local, a espessura de 80,00 m, o que pode ser devido a algum falhamento; as argilas vermelhas foram interpretadas como sendo parte do Estrada Nova e parte do Rosário do Sul.

Na área abrangida pelo mapa da Figura 16, não foram encontradas as juntas preenchidas por sílica que cortam os sedimentitos da Formação Irati na área oeste do Estado. Também o aspecto em afloramento difere um pouco das fácies típicas descritas nos outros perfis, exceto a área do Passo dos Negros.

Fotografia nº 15 - Aspecto das extensas lentes calcárias, onde foram encontradas algumas costelas mal preservadas de Mesosaurus, nas barrancas do Rio Gravataí, cêrca de 14 qui-
lômetros a montante da ponte de Cachocirinha.

Fotografia nº 16 - Detalhe da coloração dos lamitos com fra-
tura concóide da Formação Estrada Nova, onde se observa que
o desenvolvimento da mudança da coloração cinza esverdeada
para vermelha, dá-se tanto horizontal como verticalmente.

Na entrada da cidade de Gravataí, o Irati é recoberto por um siltito arenoso, vermelho-esbranquiçado, que recobre os sedimentitos da Formação Estrada Nova na área de Cachoeirinha, interpretado como uma fácies da Formação Rosário do Sul, mais pela sua posição estratigráfica, que pelas características litológicas. Porém esta diferença faciológica é facilmente explicada pela influência do falhamento que elevou o granito de Gravataí antes da sedimentação da Formação Rosário do Sul e após a deposição do Estrada Nova.

Infelizmente não existiam mais os testemunhos de sondagens, para que se pudesse ter feito um reestudo da estratigrafia das rochas do Passa Dois, pois aquela pesquisa visava o estudo do carvão, de modo que a parte superior da coluna era descrita sem maiores detalhes. Todavia, esse falhamento levantou o bloco norte, pelo menos, 130,00 m, a julgar pela diferença de cota do contato Tubarão-Embasamento na sondagem F 1 e pela altura do Morro do David, constituído por migmatitos homogêneos, que tem a altura de 80,00 m. O embasamento é aí aflorante por causa do falhamento tipo horst, de direção geral aproximada leste-oeste. No lado sul o falhamento foi basculado, inclinando-se para sul, fazendo com que fosse preservado algum sedimentito da Formação Rio Bonito na parte sul e Palermo na parte nordeste, ao redor da cidade de Gravataí. Ao sul da cidade o falhamento é encoberto por sedimentos quaternários do Rio Gravataí. Já na parte norte, a falha põe em contato o embasamento com rochas da Formação Irati, mostrando dobras de arrasto. Esse falhamento provocou uma modificação nos sedimentitos da Formação Irati, descolando-os, de modo que eles afloram como um siltito esbranquiçado, silicificado. Esta falha está encoberta por arenitos finos, argilosos, brancos, com manchas avermelhadas, não ocorrendo aí os sedimentitos da Formação Estrada Nova. Desta forma a idade do levantamento do bloco central fica estabelecida como sendo pós-Irati e pré-arenito fino, branco e avermelhado, aqui interpretado como Rosário do Sul em uma fácies atípica.

A Formação Estrada Nova não tem, nesta área, o desenvolvimento da fácies Caveiras; está representada por uma

fácies argilo-arenosa, vermelha, cujas estruturas interna ,le varam a considerá-la como representante da fácies Armada.

O falhamento pré-Rosário do Sul não ocorreu apenas na área acima mencionada: sua importância é regional. VON HUENE e STAHLCKER (1931) fizeram a seguinte observação, aqui transcrita da tradução de BELTRÃO e NEUMAIER (1968): "Em Hamburgo Velho, que fica próximo a Novo Hamburgo, no leste do estado, no alto da colina do jardim do colégio católico, foi encontrada água com gás carbônico. Após terem sido atravessados argila vermelha e especialmente arenito da Formação Santa Maria, atingiu-se o cristalino, do qual foram perfurados 3 - 4 metros. A deposição da Formação Santa Maria diretamente sobre o cristalino é um tanto estranhável, porquanto uma perfuração de 200 m, bem próxima permaneceu em tais camadas, sem atravessá-las nem alcançar o cristalino. Parece tratar-se, pois, de um maciço cristalino em redor do qual a Formação Santa Maria se depositou a princípio, e depois por cima". Como se vê, o falhamento de Gravataí parece não ter sido o único, indicando, portanto, uma importância maior em tempo e em extensão aos fenômenos de falhamento e erosão, pois Hamburgo Velho está a cerca de 30 km a norte de Gravataí.

Outro contato erosivo foi encontrado no município de Esteio, a cerca de 1,0 km a sudoeste da Refinaria Alberto Pasqualino, da Petrobrás, em um terreno ao lado da estrada BR 116. Observa-se um contato entre os arenitos finos e lamitos da Formação Estrada Nova com arenitos com estratos cruzados, acanalados. Os arenitos com estratos cruzados estão cortando os lamitos e arenitos muito finos da Formação Estrada Nova, tendo sido interpretado como uma discordância entre a Formação Estrada Nova e a Formação Rio do Rasto.

V - RELAÇÕES ESTRATIGRÁFICAS DO GRUPO PASSA DOIS NO ESTADO
DO RIO GRANDE DO SUL

V.1. Contato Tubarão - Passa Dois.

Como já tem sido dito por vários autores, desde WHITE (1908) até os trabalhos mais recentes, como os estudos de SALAMUNI (1963) e as revisões de MENDES (1967) e de BIGARELLA e SALAMUNI (1967), a passagem do Grupo Tubarão para o Grupo Passa Dois é gradacional, não havendo sido encontrada discordância em qualquer ponto da Bacia. Sendo gradacional é, conseqüentemente arbitrária. De um modo geral no Brasil, todos os que trabalharam nesses sedimentitos concordam em colocar a Formação Palermo, conforme a proposição original de WHITE (op. cit.), dentro do Grupo Tubarão. Todavia, conforme foi mencionado na discussão dos trabalhos anteriores, os geólogos uruguaios, entre eles BOSLI (1966) e ELIZALDE et alii (1970), preferem juntar os sedimentitos da Formação Frayle Muerto, equivalente do Palermo, com as Formações que lhe estão superpostas. Comportamento semelhante tiveram FIGUEIREDO e SALGADO (1964), em relatório interno, quando fizeram o reconhecimento geológico preliminar na escala 1:500.000 da parte brasileira da Bacia Hidrográfica da Lagoa Mirim.

Em vista desta dualidade de opinião, e num trabalho de estratigrafia regional como este, sentiu-se a necessidade de analisar o problema sob vários ângulos, devendo então ser feitas as seguintes considerações:

1 - Os sedimentitos da Formação Palermo passam gradacionalmente para os da Formação Irati, sendo o contato arbitrário. É considerado Formação Irati quando ocorrem as lentos calcárias de cor amarelo-palha e os sedimentitos apresentam uma laminação com leitos escuros e claros, em algumas áreas, especialmente visíveis em testemunhos de sondagens. A Formação Palermo tem, predominantemente, a estratificação per-

turbada por estruturas de escorregamento e ausência de lentes calcíferas. De uma maneira geral, os folhelhos silticos que englobam as lentes calcárias da base da Formação Irati, são muito semelhantes e até iguais aos sedimentitos da Formação Palermo, principalmente em se tratando de estudo de afloramentos.

2 - Por outro lado, já FORMOSO e FIGUEIREDO F^o (1966) mostraram que, na borda da Bacia, no Rio Grande do Sul, os sedimentitos da Formação Rio Bonito e da Formação Palermo são perfeitamente distinguidos por vários critérios; todavia, para o interior da Bacia, a distinção se torna mais difícil, uma vez que os sedimentitos do Sub Grupo Guatá tornam-se indiferenciados, predominando as características dos folhelhos silticos da Formação Palermo, não aparecendo os termos arenosos nem os carbonosos. Estas características foram vistas da descrição da sondagem PN-19-3G.

3 - Na área de Candiota, próxima da borda da Bacia, onde a Formação Rio Bonito contém carvão em camadas espessas, foi notado pelo Eng^o Othon Sá Castanho (comunicação pessoal), da CRM, a intromissão de arenitos quartzosos, muito semelhantes aos da Formação Rio Bonito, dentro do pacote de folhelhos silticos típicos da Formação Palermo. Esta relação foi descrita no item 1 do capítulo IV.

4 - O estudo dos argilo-minerais, feito na presente pesquisa, demonstrou que não há uma variação sensível na assembléia de argilo-minerais das Formações Palermo e Irati.

5 - O estudo da distribuição da granulometria das amostras das Formações Palermo e Irati, nos testemunhos de sondagem, mostrou que as diferenças encontradas nos parâmetros não possibilitam uma separação segura dos dois conjuntos de rocha. Resultados semelhantes foram encontrados nas análises granulométricas feitas por FORMOSO e FIGUEIREDO F^o (1966) no PN-3-RP, que mostraram que não haviam diferenças essenciais entre os parâmetros das amostras do Palermo e do Irati e que ambos têm a média e a mediana no intervalo do silte ($Md\phi$ 6,3-6,6 e $M\phi$ 6,1-8,0), possuem baixa assimetria ($Sk\phi$ 0,2-0,6) e boa classificação ($C\phi$ 1,2-2,8).

A Figura 17, A, B e C mostra algumas curvas granulométricas de análises feitas em amostras da Formação Palermo e Irati. A simples observação das curvas mostra que não há uma diferenciação, todas seguindo o mesmo padrão. Este padrão já não é o mesmo quando comparado com a Figura 17 D, que são curvas granulométricas de sedimentitos da fácies Armada da Formação Estrada Nova.

Como se vê, algumas observações levam a identificar o Palermo com o Irati e outras a identificá-lo com o Rio Bonito, sem que se possa definir qual a mais válida. Preferiu-se, neste trabalho, manter a base do Grupo Passa Dois na base da Formação Irati, em concordância com os demais trabalhos feitos no Brasil uma vez que este trabalho foi feito em uma área restrita da Bacia e para fins de interpretação global da estratigrafia é necessário que se usem termos correlacionáveis, com facilidade, em toda a Bacia. Além disso, os dados encontrados não justificavam a introdução de nomes novos visando uma nova classificação. Entretanto, não se deixa de reconhecer que há argumentação suficiente para a interpretação dada e a solução adotada pelos geólogos uruguaios (BOSSI, 1966; ELIZALDE et. Ali, 1970).

V.2. A Formação Irati

Conforme foi dito anteriormente, WHITE (1908) propôs o termo Irati, na categoria de Formação, para definir um folhelho preto, espesso e "largamente persistente que se estende de São Paulo, pelo Paraná, Santa Catharina, até o Rio Grande do Sul". Todavia, conforme chamou a atenção AMARAL (1967) no Rio Grande do Sul, das muitas localidades que visitou, para observar o Irati, "raras as ocasiões" em que notou "alguma semelhança com o Irati estudado nos demais estados".

É perfeitamente válida a observação de AMARAL (1967), inclusive sua comparação de alguns sedimentitos incluídos na Formação Irati no Rio Grande do Sul, com os pelitos da Formação Serra Alta, de coloração cinzento-escura, micácea e sem o menor indício de pirobetumem, fato também an-

A

B

C

D

CURVAS GRANULOMÉTRICAS REPRESENTATIVAS DOS SEDIMENTOS ESTUDADOS

- A - CURVAS GRANULOMÉTRICAS DE TESTEMUNHOS DAS FORMAÇÕES PALERMO E IRATI, DA SONDA-
DAGEM F-177, MINA DO LEÃO.
- B - CURVAS GRANULOMÉTRICAS DE TESTEMUNHOS DA FORMAÇÃO PALERMO, DA SONDAAGEM PN-19-SG,
SÃO GABRIEL.
- C - CURVAS GRANULOMÉTRICAS DE TESTEMUNHOS DA FORMAÇÃO IRATI, DA SONDAAGEM PN-19-SG, SÃO
GABRIEL.
- D - CURVAS GRANULOMÉTRICAS DE AMOSTRAS DE AFLORAMENTO DA FÁCIES ARENOSA DA FORMAÇÃO
ESTRADA NOVA.

tado por MACHADO e CASTANHO (1956).

Aliás, CARVALHO (1932), em seu reconhecimento geológico do Rio Grande do Sul delimitou a ocorrência do Passa Dois à área de Dom Pedrito e São Gabriel, considerando como superiores a este Grupo os sedimentitos aflorantes acima do Tubarão, na área a leste de São Sepé.

Isto pôsto, cabem algumas considerações sobre os fatos associados a essa Formação no Rio Grande do Sul.

Pode-se dizer que as pesquisas sistemáticas de carvão no Estado deram um maior desenvolvimento ao conhecimento da estratigrafia das formações sobrejacentes, principalmente da Formação Irati. Estas pesquisas iniciaram baseando-se nos dados apresentados por BEURLIN, SENA SOBRINHO e MARTINS (1955). Porém, o primeiro trabalho que procurou descrever as estruturas internas e as peculiaridades litológicas do Grupo Passa Dois, como resultado da pesquisa de carvão, foi o de MACHADO e CASTANHO (1956). Neste trabalho os autores caracterizam a Formação Irati, na Mina do Leão, da seguinte forma: "inicia-se a Formação com folhelhos sílticos cinza-escuros para plúmbeos, micáceos, delgadamente listrados em cinza claro, graduando acima a siltito para arenito fino, micáceo bandeado em cinza claro e escuro por calcificação diferencial (aspecto varvítico), com veios e nódulos de carbonato de cálcio, superiormente associando-se com siltito cinza-claro ou arenito fino cinza-esverdeado, com milimétrica estratificação cruzada, pequenos nódulos de pirita e fina matéria orgânica disseminada. Um pouco acima ocorre, muitas vezes, na parte central do Leão, uma delgada brecha fossilífera esverdeada, contendo peças de moscosaurídeos típico do "Irati", jazendo na parte inferior de folhelhos sílticos cinza plúmbeos, com areia fina esverdeada, nos planos de estratificação, comumente lisos (embora persista certa tendência à estrutura lenticular), possuindo horizontes com sílex ou nódulos de carbonato de cálcio e alguma pirita. A esse conjunto, cuja espessura varia em torno dos 60 metros, frente as características e aos fósseis que inclui, chamamos "Formação Irati".

No mesmo trabalho, em um post-scriptum, os autores apresentam alguns dados novos, encontrados na região de Rio Pardo (PN-18-RP), se expressando da seguinte forma: "quanto à Formação Irati, é importante registrar que nesse quadrante da área estudada, passa à sua fácies típica: predominância na metade basal de folhelhos pretos, com teor betuminoso, aos quais se juntam termos bandeados em cinza-claro e cinza-escuro, por calcificação diferencial (fina estratificação, muitas vezes milimetricamente cruzada), folhelhos pretos com delgadas listras cinza-claras constituídas de areia fina extremamente micácea e, na metade superior, folhelhos cinza plúmbeos para escuros com leve tendência de recorrerem à estrutura lenticular típica para o Palermo".

Desta transcrição depreende-se que já MACHADO e CASTANHO (op. cit.) identificaram duas fácies parcialmente sincrônicas dentro do que eles consideravam como Formação Irati. O contato superior da Formação Irati, segundo eles, seria marcado pelo aparecimento das cores vinho intercaladas nos folhelhos cinza-claros e o aparecimento das concreções calcárias algumas vezes com estrutura tipo cone-em-cone.

Este conceito de MACHADO e CASTANHO (op. cit.) sobre a Formação Irati estava em dissonância com a definição original do Irati, conforme proposto por WHITE (1908). Inclusive, sedimentitos que WHITE considerava especificamente em seu trabalho como pertencentes ao Estrada Nova, seguindo o conceito de MACHADO e CASTANHO (op. cit.), RIBEIRO et alii (1966) consideraram como Irati.

No trabalho sobre a pesquisa dos folhelhos pirolíticos no Rio Grande do Sul e Paraná, levado a efeito pela Superintendência do Xisto, da Petrobrás (PADULA, 1968), e no trabalho de reavaliação dos dados da Petrobrás sobre a Bacia do Paraná (NORTHFLEET, MEDEIROS e MUHLHANN, 1969), o Irati é considerado na definição de WHITE, tendo os autores considerado como Serra Alta os sedimentitos cinza-azulados, cortados por veios verticalizados preenchidos por sílica e com lentes de calcário amarelo-palha.

Por outro lado BEURLIN, SENA SOBRINHO e MARTINS (1955) consideram como Serra Alta os siltitos e arenitos com lentes calcárias, de coloração avermelhada, chamando porém a atenção para diferenças marcantes entre êsses sedimentitos do Rio Grande do Sul, dos afloramentos no Paraná e Santa Catarina.

Como se vê, todos os autores reconheceram que há diferenças notáveis nas fácies do Irati no Rio Grande do Sul, e, na tendência de utilização das subdivisões estratigráficas usadas na parte central da Bacia, incorrem em usar o mesmo nome para definir unidades estratigráficas em posições diferentes na seqüência. Daí sentiu-se que, para uma definição estratigráfica, era necessário analisar as relações estratigráficas verticais em várias secções e procurar quais os melhores pontos para se tomar como guia cuja diagnose indicasse a altura relativa. Esses critérios devem ser aplicáveis exclusivamente para aquelas áreas que foram objeto de estudo e, na medida do possível, independentemente da nomenclatura original.

Só após a fixação dêsses critérios estratigráficos é que se poderia tentar estabelecer uma correlação com os depósitos mais ao norte da Bacia, onde foram definidas as áreas tipo.

Da observação das secções e perfurações descritas neste trabalho, é que resultou a concepção estratigráfica, aqui apresentada como uma proposição em caráter informal, devendo somente ser utilizada na área estudada.

Conforme já foi mencionado no item anterior, o contato Palermo-Irati é gradacional e, arbitrariamente, foi colocado no aparecimento das concreções calcárias de coloração amarelo-palha. As análises de teor de carbonato dessas concreções, comuns na base do Irati, revelaram uma quantidade de cerca de 20% de resíduo insolúvel. O estudo das lâminas delgadas mostrou serem essas concreções o resultado de uma calcificação do próprio sedimento, estando o carbonato disseminado num arcabouço argiloso-síltico, onde se identificam, ainda alguns grãos minúsculos de quartzo e feldspato.

Essas concreções têm aspectos lenticulares e variam de tamanho, desde diâmetro de 30 cm até diâmetros de mais de 1 m. A espessura é ao redor de 20 a 30 cm. A presença dessas concreções ou lentes calcárias coincide com uma modificação na estrutura interna dos sedimentitos, desaparecendo ou rareando as estruturas de escorregamento, tão comuns no Palermo. Os sedimentitos do Irati apresentam laminação que, em algumas áreas, é até rítmica, detalhe que pode ser observado nos testemunhos de sondagens. Essas modificações, aparentemente de pequena monta, refletem-se na morfologia do terreno, se bem que, de uma maneira sutil, porém foram suficientes para permitir RIBEIRO et alii (1966) a interpretação aerofotogeológica na área de sedimentação gondiânica na Fôlha de Caçapava do Sul.

Se, por um lado, a passagem Palermo-Irati é bastante típica e quase uniforme ao longo de todo o Estado, por outro lado, o desenvolvimento vertical das rochas da Formação Irati no Rio Grande do Sul varia de fácies de acordo com a região.

Na procura de um conjunto de características litológicas que fornecesse um guia estratigráfico ficou constatado que o próximo nível constante em todo o Estado era aquele já anotado por MACHADO e CASTANHO (1956), constituído pelo aparecimento das cores vermelhas entremeadas com as cores cinza-claras, que ocorreria juntamente com o desaparecimento das lentes calcárias de coloração amarelo-palha. Em toda a área aflorante a oeste do Iruí, das primeiras cores vermelhas para baixo, raramente cortando-as, ocorrem sistematicamente, os veios verticalizados preenchidos por sílica. Do Iruí para leste, onde não se desenvolvem os veios silicosos, nesta mesma altura estratigráfica, ocorrem lentes calcárias com estrutura tipo cone-em-cone. Estes foram, então os limites inferior e superior tomados para o estabelecimento de uma unidade estratigráfica, identificável em toda a faixa aflorante do Estado.

Nos perfis geológicos feitos nas áreas do Biboca, Caveiras e Tiaraju, foram encontrados, separados por um folhelho cinza de fratura concóide, com lentes de calcário,

dois pacotes de folhelhos pirobetuminosos, com teores, de óleo, segundo PADULA (1968) de 7% na camada inferior e abaixo de 2% na camada superior, na área de Dom Pedrito e 6,55 % em média na camada inferior e sempre abaixo de 3% na camada superior na área de São Gabriel (Tiaraju). Ainda segundo PADULA (op. cit), na área de Dom Pedrito a espessura média da camada inferior foi de 3,43 m e a da superior 5,75 m; e na área de Tiaraju a espessura média da camada inferior era de 4,47 m e a da superior de 8,21 m. O pacote de folhelhos intermediários tinha, na área de São Gabriel, cerca de 12,0m de espessura e em Dom Pedrito, 12,88 m.

Esses folhelhos pirobetuminosos estão associados a lentes calcárias que contêm vertebras e costelas que, segundo RÜSLER (1970), na área de Biboca, pertencem a Mesosaurus brasiliensis. É também comum, nas áreas de Biboca, Dom Pedrito e no Passo de São Borja, estas lentes conterem enormes quantidades de fragmentos de carapaças de crustáceos, formando leitos da ordem de 0,5 cm, constituídos quase que só destes fragmentos. Nas áreas de Biboca, São Gabriel e Dom Pedrito e no Passo de São Borja, estas lentes contêm enormes quantidades de fragmentos de carapaças de crustáceos, formando leitos da ordem de 0,5 cm, constituídos quase que só destes fragmentos. Na áreas de Biboca, São Gabriel e Dom Pedrito, nos folhelhos pretos foram encontradas impressões de crustáceos pigocefalomorfos descritos por PINTO (1970). Essas lentes são semelhantes em cor às aquelas descritas para a base da Formação Irati, porém têm estratificação muitas vezes bem desenvolvida, contêm quartzo e feldspato do tamanho areia fina e muito fina, constituintes principais do resíduo insolúvel, que é ao redor de 18 a 19%. Possuem um desenvolvimento lateral maior que as outras lentes não associadas aos folhelhos pretos, alcançando, normalmente, mais de 10,0 m de diâmetro, sendo que na área de Biboca, ocorrem dois bancos de calcário com espessura de cerca de 1,0 m e que se estendem por dezenas de metros. Em todas as áreas de ocorrência de folhelhos pretos no Estado, especialmente em Biboca e em Tiaraju, os calcários associados são bem desenvolvidos destacando-se, na topografia, através de feições mesetiformes.

Pela ocorrência de folhelhos pretos, pela presença de fósseis como Mesosaurus e crustáceos pigocefalomorfos, pela situação na coluna, acima dos sedimentitos do Grupo Tubarão, este conjunto tem sido chamado de Formação Irati, e correlacionado, muito propriamente, com a litologia semelhante descrita no Paraná.

A Figura 18 esquematiza as relações estratigráficas das rochas do Grupo Passa Dois no Estado. Aí se pode observar que, os folhelhos pretos, pirobetuminosos, no Estado do Rio Grande do Sul, não chegam a ser a regra, nem tão pouco podem ser considerados exceção, pois estão presentes em vasta área do Estado, com características litológicas e paleontológicas razoavelmente constantes. Nas áreas onde não ocorrem os folhelhos pretos pirobetuminosos, entre os dois limites antes mencionados, ou seja, entre as primeiras lentes de calcário e as primeiras cores vermelhas, ocorre uma sequência que, nas bordas, tem cerca de 30,0 m de espessura, atingindo cerca de 60,0 m ao sul do Rio Jacuí, mais para o interior da Bacia. Esta sequência é constituída de folhelhos e siltitos cinza-chumbo, com ocasionais intercalações de areia muito fina esverdeada, principalmente no lado leste de Ponta Grande, de fratura concóide, com estratificação fina, às vezes milimetricamente cruzada, e ao longo de toda a sequência, ocorrendo lentes calcárias de coloração caracteristicamente amarelo-palha, pelo intemperismo, e níveis calcíferos brechóides onde foram encontrados restos fossilizados de Mesosaurus, constituído por vértebras e costelas inarticuladas.

Em alguns níveis sílticos, em áreas sem folhelhos pretos pirobetuminosos, também ocorrem impressões de folhas de Glossopteris e impressões de Paulocaris, Liocaris, Pygaspis e asas de insetos, de acordo com PINTO (1955). Esta sequência a oeste do Iruí, em sua parte média até o topo, apresenta-se cortada por juntas verticalizadas preenchidas por sílica. Estas juntas estão presentes não só nas áreas onde não tem folhelho preto, mas, invariavelmente, cortando os sedimentitos acima dos folhelhos pretos em suas áreas de ocorrência, devendo-se ainda, ressaltar que os sedimentitos que estão sobre os folhelhos pretos são exatamente iguais aos folhelhos

79

N 40 SÃO GABRIEL
(TIARAU)

Grupo PASSA DOIS	Grupo TUARÃO
Fm SÃO BENTO	Fm RIO BONITO
Fm ROSÁRIO DO SUL	Fm PALEMO
Fm ESTRADA NOVA	Fm IRATI
fócies ARMADA	fócies TIARAU
fócies CAVEIRAS	fócies VALENTE
fócies ARMADA	fócies CAVEIRAS

QUADRO DE CORRELAÇÃO DAS ROCHAS DO GRUPO PASSA DOIS NO RIO GRANDE DO SUL
Figura 18

LEGENDA: Cf figura 19-anexo I

silticos cinza-chumbo, de fratura concóide, que estão intercalados entre as duas camadas de folhelhos pirobetuminosos, se melhança esta já assinalada por PADULA (1968).

Pelo acima exposto pode-se concluir que a ocorrência de folhelhos pretos betuminosos, constitui-se numa fácies que grada horizontal e verticalmente para uma outra, não betuminosa, com o mesmo conteúdo fossilífero, indicando não só um sincronismo, pelo menos da parte basal, como também uma continuidade no meio ambiente que possibilitou a livre circulação de animais nos dois ambientes. Deve-se notar que a leste de São Sepé, embora não ocorram camadas significativas de folhelhos pretos, pirobetuminosos, ocasionalmente eles estão presentes na coluna, caracterizando melhor a variação faciológica.

Assim sendo, propõe-se, aqui, que se considere como Formação Irati todo o conjunto entre os dois níveis guias descritos, à semelhança do que já faziam MACHADO e CASTANHO (1956). Havendo, portanto, a possibilidade de distinção de duas fácies bem caracterizadas no Irati, julgou-se interessante atribuir-lhes designações diferentes.

O nome fácies Tiarajú, é proposto para o conjunto de folhelhos pretos pirobetuminosos e calcários associados, bem como para os folhelhos cinzas e siltitos intercalados e subjacentes, descritos no perfil São Gabriel para norte, servindo como área tipo a faixa a 1,5 km a sudeste da estação ferroviária de Tiarajú onde foi medida a secção apresentada na Figura 10 - C.

Propõe-se também o nome de fácies Valente à fácies folhelho e siltito cinza-chumbo, com estratificação fina e, ocasionalmente, com estruturas de escorregamento, com fratura concóide, com lentes calcárias amarelo-palha, que, em sua parte média e superior, na área oeste do Estado, se apresenta cortada por veios verticalizados, da ordem de 2 a 15 cm de espessura, preenchidos por sílica, descritos no perfil Bagé-Aceguá, sendo sua área tipo a área a 5 km a norte do Passo do Valente, na estrada Bagé-Aceguá, a 12 km a sul da cidade de Bagé. Na área leste do Estado, apesar de não apresen

tar os veios preenchidos por sílica, o conjunto guarda outras das demais características, conforme se depreende das descrições dos perfis.

V.3. O Conteúdo fossilífero da Formação Irati

O conteúdo fossilífero da Formação Irati no Estado tem sido descrito ou citado por vários autores, sem preocupação em relacionar o fóssil com uma posição estratigráfica mais precisa dentro da Formação. Na maioria das vezes ele tem sido usado antes para estabelecer que se trata da Formação Irati, que para definir qual a sua distribuição vertical na estratigrafia.

Como este é um trabalho feito com vistas à litoestratigrafia, e como uma revisão na paleontologia estratigráfica do Grupo Passa Dois no Rio Grande do Sul é um trabalho, por si só, mais vasto que este, devendo ser tomado com completa independência dos conceitos presentemente aceitos, à semelhança do que foi feito sob o ponto de vista litológico, fez-se aqui apenas uma revisão bibliográfica que foi somada a alguma notícia não publicada, obtida por informação verbal, ou restos de fósseis achados durante o presente estudo. Foi tentada a localização desses fósseis nas fácies aqui distinguidas.

Na fácies Tiarajü são conhecidos os seguintes fósseis:

1 - Em Tiarajü, a norte de São Gabriel, em calcários associados aos folhelhos pretos, ZINGANO e CAUDURO (1959) reportam peças de Mososaurus brasiliensis Mac Gregor. Estas peças estão desarticuladas e se constituem em costelas e vértebras. Em um nível estratigráfico, poucos metros abaixo, numa bossoroca na estrada para Catuçaba, foram encontradas impressões fósseis de crustáceos num folhelho papiáceo marrom, que, provavelmente é a camada superior dos folhelhos pirobetuminosos intemperizada.

2 - Na base do Córro das Caveiras, no Município de Dom Pedrito, MACHADO (1954) e, posteriormente, ZINGANO e

CAUDURO (1959), noticiam a ocorrência de restos de vértebras e costelas de Mesosaurus nos calcários associados aos folhelhos pretos.

3 - No Passo de São Borja, município de São Gabriel, na barranca da margem direita do Rio Santa Maria, ocorrem folhelhos pretos que incluem um horizonte fossilífero de calcário creme com espessura de 40 cm, conforme noticiado por ZINGANO e CAUDURO (op. cit.) contendo vértebras de Mesosaurus.

4 - Ainda na fácies Tiaraju, foi estudado por RÜSLER (1970), no afloramento Biboca, no município de Pinheiro Machado, material fossilífero contendo restos de Mesosaurus, impressões de Pygaspis, escamas de peixe tipo ganóide e impressões não classificadas de fôlhas.

5 - Nos municípios de Dom Pedrito e Bagé BEURLEN (1953) descreve restos bem preservados de Paulocaris marianoi n. sp., em calcários e Mesosaurus.

Na fácies Valente tem sido reportado os seguintes fósseis:

1 - MACHADO e CASTANHO (1956), relatam a ocorrência de restos de costelas e vértebras de Mesosaurus e dentes de peixes (Flouracantideos) nos testemunhos de sondagens da Mina do Leão.

Na área de Mina do Leão não ocorre a fácies Tiaraju.

2 - No corte da estrada de rodagem Porto Alegre-Uruguaiana, BR 290, nas proximidades do km 88 (antigo km 78 + 500 m da BR 37) PINTO (1955) descreveu: a - impressões de fôlhas Glossopterus cf. G. ampla Dana e Glossopterus cf. G. indica Schimper; b - Paulocaris pachocoi Clark e Pygaspis; c - insetos e escamas de peixes indeterminados.

3 - Posteriormente PINTO (1965), reporta novos achados fósseis naquela mesma área, agora no km 91 (antigo 81) consistindo em asas de insetos dos gêneros Probole, Petro mantas (?) Asiachorista (?), Neumopirobracha, Permocuspos, Permocuspeides e Permithone.

4 - A 1,5 km a norte de Pantano Grande, na antiga estrada de Rio Pardo, num folhelho papiráceo marrom, com cêrca de 4,0 m de espessura, em excursão do Curso de Pós Graduação da Escola de Geologia da UFRGS, foram encontrados vestígios fósseis constituídos de escamas de peixe tipo ga nóide, impressões de carapaças de crustáceos não classifica dos e pedaços de impressões de fôlhas não classificados.

Como se percebe, o conteúdo fossilífero das duas fácies é o mesmo.

V.4. A Formação Estrada Nova

Conforme já foi mencionado no item anterior, o contato entre as Formações Iratí e Estrada Nova, no Rio Grande do Sul dá-se gradacionalmente e foi considerado como início da Formação Estrada Nova o aparecimento das cêres vermelho-vinho e vermelho-tijolo, intercaladas com as cêres cinza que ocorrem na Formação Iratí. A Fotografia nº 6 mostra o aspecto de um afloramento da parte basal da Formação Estrada Nova com as cêres cinza se alternando com as vermelhas, no km 14,7 do perfil Bagé-Aceguá. Na Fotografia nº 14, além da alternância de cêres, notam-se as lentos calcárias. A Fotografia nº 16 mostra um detalhe da coloração, onde o desenvolvimento das cêres não segue um controle prontamente evidente, dando-se tanto na horizontal como na vertical.

A observação dos testemunhos das sondagens que iniciaram na parte superior do Passa Dois, mostraram que essas rochas, em sub-superfície, são predominantemente cinza esverdeadas, estando as cêres vermelhas aparecendo próximas às fendas ou veios e, mais freqüentemente, na parte superior dessas perfurações. Em afloramentos nos quais as rochas são mais frescas, na alternância de cêres, predomina o cinza, como nos afloramentos de Caveiras. Já nos afloramentos mais intemperizados, como nos da estrada Bagé-Aceguá, predominam as cêres vermelhas à semelhança do que aparece na Fotografia nº 17.

Juntamente com esta mudança de cêres, há uma mu

Fotografia nº 17 - Detalhe dos sedimentitos da Formação Estrada Nova na Estrada Bagó-Aceguá, onde se pode observar que nos afloramentos em zonas onde é maior o intemperismo, há predominância de cores vermelhas sobre as cinza-esverdeadas.

Fotografia nº 18 - Aspectos das variações nos tipos de estratificação e litologias que ocorrem nos sedimentitos da Formação Rosário do Sul, na área de São Gabriel.

dança nas características das lentes calcárias. Logo acima do contato, as lentes calcárias têm uma forma ovóide, e cor cinza-claro, com tons avermelhados disseminados. Os tamanhos variam, sendo mais comuns no lado oeste do Estado, tamanhos ao redor de 20 cm de diâmetro. Junto a Pantano Grande e à Mina do Leão, ocorrem concreções elipsoidais com diâmetro superior a 1,0 m, com estruturas do tipo cone-em-cone, e que constituem um nível bem estabelecido, tendo permitido, inclusive, a MACHADO e CASTANHO (1956) avaliar o mergulho de 7,0 m/km, para o norte.

Subindo na coluna, há um comportamento mais ou menos gradativo em todo o Estado, até um nível representado pelo contato desses lamitos ou arenitos finos vermelhos, com um arenito médio, com estratificação cruzada acanalada ou planar, com conglomerados intraformacionais, dentro dos canais, com feições típicas de depósitos de canais de rio que, horizontal e verticalmente, gradam para arenitos finos, com estratificação ondulada, ou para lamitos.

A Fotografia nº 3 mostra a estratificação cruzada da planar dos sedimentitos da Formação Rosário do Sul, na área de Tupi Silveira. A Fotografia nº 12 mostra outro aspecto da estratificação cruzada da Formação Rosário do Sul em São Gabriel, enquanto a Fotografia nº 10 mostra um canal na Formação Rosário do Sul, no topo da seção Caveiras - Armada. A Fotografia nº 18 mostra variações horizontal e vertical da estratificação, na Formação Rosário do Sul. A comparação destas fotografias com as demais da Formação Estrada Nova, apresentadas neste trabalho deixa claro as principais diferenças dos dois conjuntos litológicos.

A mudança do tipo de estratificação e de sedimento fez com que fosse aí colocado o contato superior da Formação Estrada Nova no Rio Grande do Sul, uma vez que estas foram as diferenças mais notáveis, presentes em todo o Estado.

Sendo, então, esses os melhores pontos regionalmente distribuídos, julgou-se que entre eles poderia ser definida outra unidade litoestratigráfica. Conforme os dados ex

postos anteriormente, êsse conjunto inicia com uma sedimentação fina, com estratificação finamente cruzada, com fratura concóide, onde as côres vermelhas se alternam com as côres cinza-azuladas. Em todos os perfis levantados a oeste de São Sepé, observa-se uma passagem gradacional dêsses sedimentitos, predominantemente finos, para têrmos mais grosseiros, através da intromissão gradativa de lentos e camadas de siltito e arenitos muito finos.

As secções Bagé-Aceguá, Caveiras-Ibicuí da Armada e Tiaraju para norte, são extremamente semelhantes e, em tôdas elas, a seqüência dos sedimentitos pode ser definida como constituída por siltito rosa para arroxeado, seguido de folhelho cinza-azulado, físsil, que grada para cima para côres rosadas; logo acima, folhelho laminado alternando côres cinza-esverdeadas e côr de rosa; e, no tôpo folhelhos cinzas e vermelhos. Em todo o conjunto ocorrem lentos calcáreos de tamanho da ordem de 50 cm de diâmetro maior e 15 cm de espessura, que são calcificações do próprio sedimento. Comumente essas concreções possuem restos de organismos, sendo mais freqüentes as escamas de peixe tipo ganóide. A Fotografia nº 6 mostra êsses corpos lenticulares, junto ao contato. Em alguns lugares êles são mais elipsoidais que os que aparecem na fotografia. Êsse conjunto tem uma espessura ao redor de 30 m nas secções Bagé-Aceguá, Tiaraju para norte e Caveiras-Ibicuí da Armada. Foi estimada também ao redor de 30 m na região de Tupi Silveira.

A mineralogia de argilas das amostras da seqüência inferior, feita, tanto na presente pesquisa, como nas inúmeras análises dos estudos dos Professôres Cezar Willig e Milton Formoso, do Instituto de Geociências da UFRGS, (comunicação pessoal) mostram que o principal argilo-mineral é do grupo da montmorilonita, tendo êstes pesquisadores encontrado quantidades variáveis de illita e caulinita, sempre subordinadas à predominância da montmorilonita.

Conforme foi dito anteriormente, a 7,5 km do entroncamento da estrada Dom Pedrito-Rosário com a estrada Dom Pedrito-Livramento, começam a se tornar mais abundantes os têrmos arenosos. A Fotografia nº 19 mostra um aspecto da pas-

Fotografia nº 19 - Passagem gradacional dos trmos pelticos para trmos mais arenosos como ocorrem na parte superior da Formao Estrada Nova, na BR- 293 a leste do Rio Ibicu da Armada.

Fotografia nº 20 - Lentes calcrias com estratificao cruzada de marcas de correntes, imersas nos pelitos da parte inferior da Formao Estrada Nova na rea de So Gabriel.

Fotografia nº 21 - Detalhe da Fotografia nº 20, onde se observa a estratificação cruzada devido a marcas de correntes.

sagem gradacional nesse local. A estratificação permanece grosseiramente plano-paralela, todavia a passagem dos sedimentos finos para mais grosseiros é gradacional formando, então, lentes mal definidas de material mais grosseiro que ressaltam no afloramento. A estratificação fica ressaltada pela alternância de cores vermelha-branca e cinza-azulada. Na Fotografia nº 9, da mesma região, nota-se, ao longo de todo o corte, a existência de concreções em tôdas as alturas, que devem ser vestígios de uma calcificação mais intensa de alguns níveis, como o que ainda está preservado.

Ainda na parte inferior ocorrem lentes calcárias que possuem estratificações cruzadas internamente. A Fotografia nº 20 mostra o modo de ocorrência dessas lentes e a Fotografia nº 21 mostra sua estrutura interna.

Subindo na coluna estratigráfica ficam mais e mais abundantes os corpos arenosos. Isto ocorre muito claramente não só na estrada Dom Pedrito-Livramento como na Bagé-Aceguá, com o aspecto mostrado na Fotografia nº 8. Aí se observam os ressaltos dos leitos de arenitos e a passagem gradativa para arenitos finos. A intromissão de termos arenosos na parte superior da coluna é sensível nas curvas apresentadas na Figura 17 - D.

Na parte superior ocorrem concreções calcárias, em leitos grandes, que devem ter se formado no momento da deposição e que interpenetram os sedimentos de baixo. A Fotografia nº 2 mostra o modo de ocorrência dessas concreções na zona de Tupi Silveira. Extremamente comuns no topo da Formação Estrada Nova e presentes em todo o Estado, estão as grandes concreções calcárias, de coloração rósea, ocasionalmente com estruturas de tipo septária, com diâmetros de até mais de 2,0 m. A Fotografia nº 13 mostra algumas dessas concreções na estrada São Sepé-Santa Maria. Ocorrem caracteristicamente na parte superior dessa seqüência, não só nessa área, como nas proximidades de Formigueiro, ou a norte e oeste de São Gabriel, sendo que, dos cortes da BR 290 a oeste de São Gabriel, a 18 km do viaduto sobre a estrada de ferro, foram retirados exemplares dessas concreções para servir de

ornamento nos diversos entroncamentos de estrada.

Essas concreções, embora sempre estejam na parte superior da seqüência, não constituem um nível preciso como o das estruturas cone-em-cone, comentado anteriormente, estando espalhados por todo o terço superior da seqüência e se alternando com as concreções singenéticas mostradas na Fotografia nº 2.

Conforme já foi discutido na descrição do Perfil São Sepé-Passo do Verde, do Perfil de Pantano Grande e da região de Formigueiro, não há incidência importante de arenitos como nos casos anteriormente citados. Porém, ocasionalmente, lá ocorrem alguns corpos lenticulares de arenitos calcificados e as grandes lentos de calcário ocorrem não apenas no topo da seqüência, mas em quase todos os 30,0 m de espessura. Em Pantano Grande não ocorrem as grandes concreções calcárias. No PN-18-RP um corpo de 21,0 m de arenito está sobre os pelitos cinza com cores alteradas para vinho e branco. Em Morretes afloram bancos de mais de 1,0 m de arenito muito fino intercalados com siltitos vermelhos.

Estas relações estratigráficas estão esquematizadas na Figura 18, onde é apresentada a correlação estabelecida ao longo de toda a faixa aflorante do Grupo Passa Dois no Estado.

Várias têm sido as maneiras utilizadas para denominar esse conjunto de litologias compreendido entre os dois níveis estratigráficos acima mencionados. A parte pelítica tem sido chamada de Formação Serra Alta por MARTINS, SENA SOBRINHO e BEURLIN (1955), conforme já visto. Esses autores consideravam a seqüência arenosa como Formação Santa Maria, chamando a atenção para o fato de não existir Rio do Rasto no Rio Grande do Sul.

MACHADO e CASTANHO (1956) consideraram a seqüência pelítica inferior como Estrada Nova inferior, chamando a atenção para as diferenças entre as fácies do Estrada Nova no Rio Grande do Sul em relação às ocorrentes mais ao norte da Bacia, preferindo, então, não usar as denominações propostas e aplicáveis mais para o norte. A seqüência mais arenosa

do topo foi por eles considerada como Formação Santa Maria, sem maiores comentários, pois o objeto de seu trabalho era a estratigrafia do carvão e esta seqüência aparecia esporadicamente em alguns dos poços que procuravam delimitar os extremos das bacias de carvão.

DELANEY e GONI (1963), no trabalho de correlação entre as formações gondiônicas do Uruguai e Rio Grande do Sul, consideram como Formação Estrada Nova os "siltitos de um verde acinzentado, com concreções calcárias de estrutura cone-em-cone e muita madeira silicificada", e chamam a atenção que, no Rio Grande do Sul e Uruguai, os membros ou fácies identificados no norte da Bacia não são aqui reconhecidos. As primeiras intercalações arenosas que se alternam com os lamitos onde predominam as cores vermelhas, eles consideram Formação Rio Pardo, correlacionada com a Formação Yaguary, no Uruguai.

RIBEIRO et alii. (1966) consideram como Formação Estrada Nova inferior e utilizam a denominação Formação Rio Pardo no mesmo sentido de DELANEY e GONI (op.cit.).

GAMERMANN (1970) demonstrou que os arenitos acanalados e ondulados superiores, constituem uma unidade à parte dentro da seqüência e propôs o termo Rosário do Sul para definir aquela Formação.

O presente estudo mostrou que há uma variação lateral e vertical de fácies entre os limites assinalados, o que é demonstrável não só pela continuidade dos tipos de concreções calcárias, indiferentemente das fácies litológicas, mas também pela recorrência de fácies entre esses dois limites, especialmente visíveis nas áreas de São Gabriel e São Sepé. Mostrou também que o aparecimento das lentes arenosas na parte superior dessa seqüência não se dá através de um nível definido e constante em todo o Estado, como é o aparecimento dos arenitos acanalados e ondulados, mas é recorrente e variam em número e espessura das camadas, de acordo com a situação geográfica podendo, inclusive, estar ausentes.

Observações de campo indicam que o aparecimento das cores vermelhas é antes um fenômeno ligado ao intemperis

mo que ao sedimentito primário, não servindo, portanto, para definir um limite, como propuseram DELANEY e GONI (1963).

Considerando que o conjunto está em continuidade com a Formação Irati e com ela constitui uma unidade litotratigráfica maior, perfeitamente identificável no campo e em sub-superfície, que pode ser considerado na categoria de Grupo; que esta seqüência de rochas que jaz sobre o Irati é perfeitamente delineável em sub-superfície e mapeável em superfície, com uma espessura média ao redor de 60 m, podendo constituir uma formação; que tem sido utilizado o termo Estrada Nova para definir parte dessa seqüência, e que dentro do princípio de evitar introdução de nomes novos na bibliografia quando não for absolutamente necessário; foi utilizado aqui para definir essa seqüência que jaz sobre a Formação Irati e sob a Formação Rosário do Sul, o termo Estrada Nova, apesar da distância que separa a área estudada da faixa aflorante no Estado de Santa Catarina, onde foi definida a Formação Estrada Nova e apesar das fácies dessas rochas não serem as características da área tipo.

Todavia, a presente pesquisa mostrou que, em todo o Estado, há uma diferenciação faciológica nas rochas da Formação Estrada Nova que possibilita a distinção de duas fácies bem caracterizadas. Em vista disso julgou-se interessante atribuir-lhes designações diferentes da mesma forma como foi feito com a Formação Irati.

Propõe-se então, que se use informalmente fácies Caveiras, para definir a fácies inferior, caracterizada pela abundância de pelitos, onde as cores cinza e vermelha se alternam, e contém abundantes concreções calcárias elipsoidais que são calcificações da própria rocha, que afloram caracteristicamente no Cêrro Caveiras e na região adjacente, no município de Dom Pedrito, considerando, então, aquela como a área tipo dessa fácies. A descrição pormenorizada das rochas na área tipo foi feita na discussão do Perfil Caveiras - Ibicuí da Armada.

Propõe-se também que se use, informalmente, o termo fácies Armada, para definir a fácies superior desta

Formação no Rio Grande do Sul, caracterizado pelas intercalações arenosas nos lamitos vermelhos, que tendem a ser mais abundantes para o tôpo. Esses corpos arenosos são lenticulares, com espessuras raramente superiores a 50 cm, que gradam, superior e inferiormente, para siltitos; possuem, às vezes, incorporadas, pequenas raspas de argilas, indicando um retrabalhamento pelas correntes mais fortes. A estratificação é geralmente plano-paralela. Frequentemente têm leitões calcários em níveis contínuos por algumas dezenas de metros. Ocasionalmente se desenvolvem corpos lenticulares de arenitos com estratificação cruzada de pequeno porte. Na parte superior ocorrem, caracteristicamente, grandes concreções calcíferas de forma elipsoidal, achatadas, com diâmetros da ordem de 2,0 m, frequentemente cortados por veios preenchidos por calcita e sílica, em algumas áreas apresentando septárias. A área tipo é na seção da estrada BR-293 Dom Pedrito-Santana do Livramento, a leste do rio Ibicuí da Armada, de onde tomou o nome. A seção se inicia a 7,5 km a oeste do entroncamento dessa estrada com a Dom Pedrito-Rosário do Sul, e se estende até a margem direita do Rio Ibicuí da Armada. No tôpo de algumas elevações aflora o contato com os arenitos acanalados da Formação Rosário do Sul.

Como seções de referência devem ser mencionadas as descritas anteriormente, especialmente a de Tiaraçu para norte e a de Bagé-Aceguá. No perfil de Tiaraçu há recorrência da fácies pelítica, e no perfil Bagé-Aceguá os corpos de arenitos atingem as maiores espessuras.

Deve-se notar que os termos aqui propostos devem ser usados apenas no Rio Grande do Sul, pois são definidos em função de fácies aqui aflorante continuamente e que diferem das fácies aflorantes mais para o norte da Bacia. Note-se também, que não são correlacionáveis com os termos utilizados mais para o norte da Bacia, pois não há até o presente, dados onde basear tal correlação.

V.5. O conteúdo fossilífero da Formação Estrada Nova

Até o presente não tem sido feito um estudo pale

ontológico mais preciso visando o significado estratigráfico dos fósseis encontrados nas rochas da seqüência supra Irati e infra Rosário do Sul, no Rio Grande do Sul. O que se tem são os seguintes fatos:

1 - É comum nessas camadas encontrarem-se escamas e dentes de peixes. Todavia, ainda não foi tentado um estudo sistemático visando a sua distribuição, classificação e significado.

2 - Lydopodiopsis e Glossopteris foram descritos por MARTINS e SENNA SOBRINHO (1951) em grandes lentes tabulares, calcárias, do Cêrro Chato, estratigráficamente aqui interpretado como fácies Caveiras. Posteriormente, SOMMER e TRINDADE (1966) citam a presença de Lycopodiophloios dolia niti, Krausel, 1961.

3 - DELANEY e GOÑI (1963) escreveram: "Fósseis têm sido encontrados nas proximidades de Cêrro Hospital, Departamento de Rivera, Uruguai. Eles foram descritos por COX (1934) e são predominantemente moluscos não marinhos. COX descreveu-os como sendo triássicos, mas trabalhos posteriores de MENDES (1952) demonstraram que eles são do Permiano inferior".

4 - RÜSLER (1970) encontrou uma valva de pelecí podo numa concreção calcária ocorrente na base da Formação Estrada Nova na estrada Bagé-Aceguá, classificando-a como Pinzonella (?).

Embora o conhecimento atual sobre o conteúdo fossilífero seja muito precário e não esteja perfeitamente relacionado com a litoestratigrafia, os dados que se dispõem serão de grande valia na discussão do contato superior do Grupo.

V.6. Considerações sobre o uso do termo Passa Dois

Conforme já foi frisado anteriormente, as Formações Irati e Estrada Nova, embora perfeitamente definidas dentro de seus limites, estão intimamente ligadas em continui

dade vertical, de modo a constituir uma unidade litoestratigráfica de maior categoria, e o mais natural seria o uso do termo Grupo.

O exame da bibliografia referente ao Passa Dois mostrou que o termo Passa Dois tem sofrido uma variação na aplicação quanto aos seus limites, porém pode-se também dizer que, atualmente, há um consenso geral de aceitação para que o termo Passa Dois englobe as unidades Irati, Estrada Nova e Rio do Rasto. Dentro desta idéia vários autores têm proposto diversas divisões, que melhor se aplicam às áreas onde trabalharam. Durante o trabalho de campo para o presente trabalho foram visitadas várias das localidades-tipo descritas na bibliografia e chegou-se à conclusão que as divisões menores são, em regra geral, perfeitamente aplicáveis às áreas onde foram descritas, porém, a pouco mais de uma centena de quilômetros das áreas tipo, as fácies tornam-se cada vez mais distintas e não se consegue estabelecer, com segurança, no campo, a equivalência de correlação, especialmente quando há recorrência de fácies, verticalmente, fato que tem sido chamado a atenção por vários autores entre os quais SALAMUNI (1963), MENDES e FULFARO (1966), MENDES AMARAL e LANDIM (1966) e outros.

Na revisão sobre o Grupo Passa Dois, feita por MENDES (1967), como contribuição ao I Simpósio Internacional de Estratigrafia e Paleontologia do Gondwana, esse autor adota a seguinte classificação para toda a Bacia do Paraná:

	Formação Rio do Rasto
Grupo Passa Dois	Formação Estrada Nova
	Formação Irati

Nesse trabalho chama a atenção que a Formação Rio do Rasto não aflora nos Estados de São Paulo, Mato Grosso e Goiás e, talvez, nem no Rio Grande do Sul.

As pesquisas levadas a efeito por GAMERMANN (1970) demonstraram que a sequência arenosa que está sobre as rochas da Formação Estrada Nova, no conceito deste trabalho, está em continuidade vertical com as ocorrências da Formação Santa Maria, recorrendo, inclusive, sobre ela, de tal

forma que o leva a considerar Santa Maria como uma fácies fossilífera da Formação Rosário do Sul. Também considera passagem gradacional, com recorrência de ambiente sub-aquoso após os primeiros depósitos eólicos, na área de Santana do Livramento. Aquêlê pesquisador fêz exaustivo trabalho procurando demonstrar a impraticabilidade de correlacionar a Formação Rosário do Sul com a Formação Rio do Rasto, pois difere nas estruturas internas, difere nas relações estratigráficas com as rochas sobrepostas e difere no conteúdo fossilífero. As pesquisas neste trabalho levaram à perfeita concordância com GAMERIANE (op.cit.) sobre a impraticabilidade de tal correlação.

Assim sendo, resta ainda comentar porque não considerar como equivalente à Formação Rio do Rasto no Rio Grande do Sul, a parte superior da Formação Estrada Nova, ou seja, a fácies Armada.

Conforme foi visto nas descrições dos perfis e na correlação estabelecida entre as diversas áreas, quando se definiu a Formação Estrada Nova, a introdução de arenitos na coluna é gradacional e não se faz presente ao longo de toda a faixa aflorante no Estado com a mesma intensidade; as concreções típicas de cada altura estratigráfica estão presentes independente de a fácies ser predominantemente pelítica ou arenosa, indicando que as condições químicas eram semelhantes e independentes do aporte do material e das condições físicas do meio de deposição; em algumas secções, como de Tiarajü, há recorrência de fácies pelítica na parte superior; o conteúdo fossilífero, ao longo de toda a secção, é o mesmo, não tendo sido possível diferenciar os dois membros em função dos fósseis e, mais, se assemelha com o conteúdo fossilífero ocorrente na Formação Estrada Nova mais ao norte da Bacia, e não com o da Formação Rio do Rasto. Assim sendo, êste trabalho conclui pela não existência de rochas da Formação Rio do Rasto nesta parte da Bacia, à semelhança do que ocorre nos Estados de São Paulo, Mato Grosso e Goiás, de modo que o Grupo Passa Dois, no Rio Grande do Sul, é constituído pelas Formações Irati e Estrada Nova, nas suas fácies litológicas aplicáveis para o Rio Grande do Sul.

V.7. Contato superior do Grupo Passa Dois.

Conforme foi dito em várias oportunidades, o contato superior do Grupo Passa Dois, no Rio Grande do Sul, dá-se com os arenitos médios e finos da Formação Rosário do Sul. Em muitos lugares tem estrutura acanalada, sendo, conseqüentemente, erosivo. Porém, essas estruturas em canais se repetem, na vertical, dentro da Formação Rosário do Sul, constituindo normalmente diastemas onde o tempo envolvido é pequeno. Esta repetição constante ao longo de toda a Formação Rosário do Sul tende a levar o pesquisador a concluir que o contato erosivo com as rochas do Passa Dois também envolve um pequeno hiato. Esta interpretação também é reforçada quando, em alguns afloramentos do contato em foco, a passagem parece gradacional, sendo que os canais cortam arenitos já considerados da Formação Rosário do Sul, havendo concordância na posição espacial dos estratos e não havendo qualquer conglomerado basal ou outra indicação de um grande período de erosão ou não deposição. Tal é a situação na seção de Pantano Grande.

Nos perfis de São Gabriel e de São Sepé e na área de Morretes, o contato está coberto. Os dados de poços pouco ou nada ajudam na elucidação do problema. Já na área de Tupi Silveira e Estoio o contato é erosivo. Na área de Gravataí ocasionalmente está ausente a Formação Estrada Nova e as falhas que cortam o Irati estão cobertas pelos arenitos muito finos e lamitos considerados da Formação Rosário do Sul.

Sendo nesse contato o limite Permiano-triássico no Rio Grande do Sul, este é um contato natural que envolve mais do que apenas a simples mudança nos caracteres litológicos e separação de duas formações ou grupos, mas envolve na sua interpretação um sentido de tempo. Assim sendo, as seguintes considerações sobre os dois trastes de sedimentitos devem ser feitas para ser apreciado esse contato:

1 - Os sedimentitos da Formação Estrada Nova nas suas duas fácies aflorantes no Rio Grande do Sul foram de

posições em ambiente sub-aquoso, lagunar, o que é comprovado pela sua estratificação laminada plano-paralela, ocasionalmente ondulada, e pela abundância de pelitos, especialmente na fácies Caveiras. Esta situação permanece na fácies Armada, só que com a intromissão de maior ou menor número de elementos mais grosseiros, lenticulares, com estrutura interna de estratificação cruzada.

2 - Intromissões de arenitos ocorrem também na fácies Caveiras, como ao norte da Mina do Leão, onde no meio da seqüência pelítica encontra-se uma lente de arenito grosso, com grânulos. Este corpo lenticular não tem expressão regional, indicando, então, que se trata de um aporte de grosseiros devido a um fenômeno local na borda da Bacia.

3 - A semelhança dos tipos de concreções ou lentes calcárias, ao longo de níveis dentro da Formação Estrada Nova, indica que as condições químicas do corpo de água eram as mesmas, e gradaram com o tempo, ao longo de toda a borda da Bacia na faixa estudada, indicando um corpo de água contínuo.

4 - As secções mais espessas são as de Tupi Silveira, Bagé-Aceguá, Caveiras-Ibicuí da Armada e Tiarajó para norte, justamente onde as duas fácies são bem desenvolvidas. A secção São Sepé-Passo do Verde é menos espessa e o membro Armada está aí caracterizado mais pelas concreções do que pelos arenitos. A secção Pantano Grande é a menos espessa; a fácies Armada não está presente, o mesmo se dando com o PN-18-RP. Já no PN-17-SJ a fácies Armada está presente e bem desenvolvida, assim como na região de Morretes.

5 - As distâncias aproximadas, em linha reta, do Embasamento ao contato, nos diferentes perfis são os seguintes: Tupi Silveira, 20 km; Dom Pedrito, 30 km; São Gabriel, 30 km; São Sepé, 30 km; Pantano Grande, 15 km; e Morretes, 15 km. Levando-se em consideração que sobre o Embasamento não jazem testemunhos das Formações Estrada Nova ou Rosário do Sul, exceção feita ao Cêrro do Coronel, pode-se admitir que o embasamento Pró-Gonduânico estava emerso na época de sedimentação destas Formações, de modo que as distâncias dos con

tatos ao Embasamento indicam que a presença ou não dos corpos arenosos não estão relacionados apenas a problemas de distância da área fonte.

6 - O falhamento que elevou o granito em Gravataí e está encoberto pelos arenitos muito finos da Formação Rosário do Sul, deu-se depois da deposição da Estrada Nova e antes da deposição da Formação Rosário do Sul, tendo o granito servido de fonte para os depósitos da Formação Rosário do Sul, não só na área de Gravataí, como na área de Novo Hamburgo.

7 - A presença de sedimentitos da fácies Armada no PN-17-SJ, juntamente com os das áreas de Morretes, Esteio e Cachoeirinha, indica que a fácies Armada não é apenas uma fácies depositada em condições especiais numa área restrita da Bacia, mas a resposta a condições de deposição que estavam presentes de oeste a leste do Estado, consistindo, então, sua ausência num fenômeno local, que deve ser interpretado como um caso especial e não como regra geral.

8 - Conforme foi visto, o conteúdo fossilífero presente nas rochas da Formação Estrada Nova, especialmente as plantas (Glossopteris e Lycopodiopsis, em MARTINS e SENA SOBRINHO, 1951), indicam a idade permiana para essa Formação. Esta idade é corroborada pela presença de outros fósseis permianos nas camadas da Formação Irati, que estão em continuidade com as da Formação Estrada Nova.

9 - BORTOLUZZI e BARBERENA (1967), na revisão sobre as camadas Santa Maria no Rio Grande do Sul, ratificam a opinião de GORDON Jr (1947) a respeito da não correlatividade da Formação Santa Maria com a Formação Rio do Rasto e consideram, com base nos fósseis tetrápodos, ser o Santa Maria do Triássico médio, mais precisamente, Ladiniano. Em trabalho recente, COLBERT (1970), considera o Santa Maria como Triássico superior.

10 - Não só GAMERMANN (1970), como também as pesquisas que estão sendo levadas a efeito pelo Prof. Carlos Bortoluzzi (comunicação pessoal), do Instituto de Geociências da

UFRGS, na área de Santa Maria, concordam que a passagem da Formação Rosário do Sul para as camadas Santa Maria é gradacional. GAMERMAN (op.cit.) ainda admite que os afloramentos fossilíferos das camadas Santa Maria estão em alturas estratigráficas diversas dentro da Formação Rosário do Sul. Assim sendo, pode-se concluir que a Formação Rosário do Sul é, pelo menos, do Triássico.

Considerando, então:

1 - A ausência da Formação Estrada Nova na área de Gravataí e as relações estratigráficas daquela área.

2 - A diferença na posição relativa do contato com diferentes níveis da Formação Estrada Nova e as variações de espessura da Formação Estrada Nova no Estado.

3 - As diferenças de idades atribuídas aos fósseis das duas seqüências.

4 - As evidências de erosão de alguns dos contatos como os de Tupi Silveira, Gravataí, Novo Hamburgo e Esteio.

Conclui-se pela relação de contato discordante entre os dois trastes de sedimentitos, interpretando-se a ocorrência de Pantano Grande como uma paraconformidade devido ao fato de que aquela porção da Bacia permaneceu estável, por longo espaço de tempo, enquanto nas outras áreas houve, ou maior taxa de subsidência, ou levantamentos e falhamentos.

VI CONCLUSÕES

1 - O Grupo Passa Dois, no Estado do Rio Grande do Sul, é constituído pelas Formações Irati e Estrada Nova, não aflorando a Formação Rio do Rasto.

2 - O contato basal do Grupo Passa Dois é gradacional, sendo arbitrariamente colocado entre a Formação Palermo e a Formação Irati. Essas duas formações são constituídas principalmente por folhelhos silteosos cinza-chumbo e arenitos muito finos, cinza, sendo considerados como Formação Irati quando ocorrem as lentes calcárias de cor amarelada-palha e os sedimentitos apresentam uma laminação com aspecto listrado, com leitos escuros e claros, especialmente visíveis em testemunhos de sondagens na área de Mina do Leão. A Formação Palermo tem, freqüentemente, a estratificação perturbada por estruturas de escorregamento e ausência de lentes calcíferas.

3 - O contato superior do Grupo dá-se com rochas do Grupo São Bento, de maneira discordante.

4 - Em relação à Formação Irati conclui-se que:

a - Os sedimentitos da Formação Irati possuem a média e a mediana geralmente no intervalo do silte, baixa assimetria e boa classificação.

b - Os pesquisadores que têm trabalhado na Formação Irati no Rio Grande do Sul reconhecem que há diferenças notáveis nas fácies do Irati do Rio Grande do Sul em relação ao norte da Bacia e, na tentativa de utilização das subdivisões estratigráficas usadas na parte setentrional da Bacia, incorreram em usar o mesmo nome para definir unidades em posições estratigráficas diferentes na seqüência.

c - O limite aqui considerado como superior da Formação Irati, por ser um guia estratigráfico presente em todo o Estado, é aquele já anotado por MACHADO e CASTANHO (1956), constituído pelo aparecimento das cores ver

melhas entremeadas com cores cinza-claras, que ocorrem juntamente com o desaparecimento das lentes calcíferas de coloração amarelo-palha.

d - Em toda a faixa aflorante a oeste de Iruí, das primeiras cores vermelhas para baixo, raramente cortando-as, ocorrem veios verticalizados preenchidos por sílica.

e - Nas áreas de Biboca, Dom Pedrito e Tiaraju, ocorrem, separados por um folhelho cinza, de fratura concóide, com concreções calcárias, dois pacotes de folhelhos pirobetuminosos que estão associados a lentes calcárias que contém fósseis como Mesosaurus, Pygaspis, escamas e dentes de peixe. A leste de São Gabriel têm sido encontradas camadas de folhelhos pirobetuminosos sem grande desenvolvimento, predominando a fácies folhelho cinza com o mesmo conteúdo fossilífero da fácies folhelho preto. Assim sendo, verificou-se que a ocorrência de folhelhos pretos constitui-se numa fácies que grada horizontal e verticalmente para uma outra fácies, não betuminosa, com o mesmo conteúdo fossilífero, indicando não só um sincronismo, pelo menos na parte basal, mas também uma continuidade no meio ambiente, que possibilitou a livre circulação de animais.

f - Propõe-se que sejam considerados sob a categoria de fácies, usando o nome de fácies Tiaraju, o conjunto de folhelhos pretos, pirobetuminosos e calcários associados, bem como os folhelhos cinza e siltitos intercalados e subjacentes, servindo como área tipo a faixa a 1,5 km a sudeste da estação ferroviária de Tiaraju, onde foi medida a secção apresentada na figura 10-C.

g - Propõe-se também o uso de fácies Valente, para a fácies folhelho e siltito cinza-chumbo, com estratificação fina e, ocasionalmente, com estruturas de escorregamento, com fratura concóide, com lentes calcárias amarelo palha que, na sua parte média superior, na área oeste do Estado, apresenta-se cortada por veios verticalizados da ordem de 2 a 15 cm de espessura, preenchidos por sílica, sendo sua área tipo a área a 5 km a norte do Passo do Valente, na es

trada Bagó-Aceguá e a 12 km a sul da cidade de Bagó.

5 - Em relação à Formação Estrada Nova conclui se que:

a - O nível inferior da Formação Estrada Nova no Rio Grande do Sul, constituído pelo aparecimento das côres vermelhas entremeadas com cinza, e das concreções elipsoidais de cor cinza-claro, ocorre em todo o Estado, constituindo-se num nível estratigráfico de fácil identificação.

b - Nas regiões de Pantano Grande e da Mina do Leão, neste limite inferior ocorrem lentes calcárias com estrutura cone-em-cone.

c - O nível superior da Formação Estrada Nova, constituído pelo contato dos lamitos e arenitos muito finos, de côres vermelhas e cinza, intercaladas, dispostos em camadas e lentes de espessura raramente superior a 1,0 m, com o conjunto formado pelos espessos corpos de arenitos vermelhos, finos a médios com estratificação cruzada, ora planar, ora acanalada, com conglomerados intraformacionais; pelos arenitos finos, róseos, com estratificação ondulada, e pelos lamitos vermelhos, que gradam lateralmente para arenitos, é um notável nível estratigráfico de fácil identificação que ocorre em todo o Estado.

d - Entre êsses limites podem ser distinguídas duas fácies, uma inferior e outra superior, sendo a qui proposto que se use, informalmente, o termo fácies Caveiras para a fácies inferior, caracterizada pela abundância de pelitos, onde as côres cinza e vermelha se alternam, e contém abundantes concreções calcárias, elipsoidais. A área tipo dessa fácies é na região do Cêrro das Caveiras, no município de Dom Pedrito. Também é proposto o uso do termo Armada para definir, como unidade informal, a fácies superior desta Formação no Rio Grande do Sul, sendo caracterizado pe las intercalações arenosas nos lamitos vermelhos. Estes corpos arenosos são lenticulares, de espessura raramente superior a 1,0 m. Na parte superior desta fácies ocorrem grandes concreções calcárias, com diâmetro da ordem de 2,0 m. A área tipo é na estrada Dom Pedrito-Santana do Livramento, BR 293,

a leste do Rio Iticuí da Armada, de onde tomou o nome.

6 - As designações faciológicas aqui propostas de vem ser usadas exclusivamente na área estudada, pois são de finidas em função das litologias aflorantes continuamente no Estado, e que diferem das litologias aflorantes mais para o norte da Bacia, não se podendo, com os presentes dados, estabelecer qualquer correlação com os termos usados mais para o norte.

7 - Em vista do caráter erosivo da Formação Rosário do Sul sobre a Formação Estrada Nova, visível em algumas áreas; em vista das diferenças em idade, acusadas pelos fósseis contidos no Grupo Passa Dois e nas camadas de Santa Maria, gradacionais a partir da Formação Rosário do Sul; apesar de, na área de Pantano Grande, o contato parecer gradacional, foi aqui considerado como discordante, sendo na área de Pantano Grande considerada uma paraconformidade.

BIBLIOGRAFIA

- AB'SABER, A.N. (1960) Nótula sôbre as superfícies aplainadas do Rio Grande do Sul - Not. Geomorf., Campinas, 3 (5):54-56.
- AB'SABER, A.N. (1961) Bacia do Paraná-Uruguai - Estudo de Geomorfologia Aplicada - Not. Geomorf., Campinas, 4(7/8):24-50.
- AMARAL, S.E. (1967) Contribuição ao conhecimento geológico, petrográfico e sedimentológico da Formação Irati no Estado de São Paulo. Tese apresentada ao Concurso de Livre Docência da Cadeira de Geologia da Faculdade de Filosofia, Ciências e Letras da Universidade de São Paulo. 136 p. (inédito).
- AMARAL, C.A.B. & PERIN, I (1965) Mapeamento geológico da Faixa VI - Fôlha de Pedras Altas, RS - Trabalho de Formatura da Escola de Geologia da UFRGS (Inédito) 83 p., 37 fot., 11 fig., 4 mapas.
- BEURLIN, K (1953a) Estratigrafia e Paleogeografia das Formações Gondwânicas no Sul do Brasil - Notas Prel. Est., DGM, DNPM, Rio de Janeiro, 59:10.
- BEURLIN, K. (1953b) O Gênero Paulocaris Clarke nas Camadas Irati do Brasil Meridional - Notas Prel. Est., DGM, DNPM, Rio de Janeiro, 65:12, 1 est.
- BEURLIN, K.; SENA SOBRINHO, M.; MARTINS, E. (1955) Formações Gondwânicas do Rio Grande do Sul - Bol. Museu Nac., Rio de Janeiro, Geologia 22:57.
- BIGARELLA, J.J. & SALAMUNI, R. (1967) A Review of South American Gondwana Geology - in: Reviews Prepared for the First Symposium on Gondwana Stratigraphy, Mar del Plata, Argentina, IUGS, 7-137, ilustr.
- BORTOLUZZI, C.A. & BARBERENA, M.C. (1967) The Santa Maria Beds in Rio Grande do Sul (Brazil), in Problems in Brazilian Gondwana Geology, Ed. Bigarella, Becker

- & Pinto, Curitiba, 169-195, ilustr.
- BOSSI, J. (1966) Geologia del Uruguay - Univers. de la Republica, 464 pp., ilustr. graf. mapa (coleccion Ciencia, 2) Montevideo.
- CARVALHO, P.F. (1932) Reconhecimento geológico no Estado do Rio Grande do Sul - Bol.Serv.Geol.Min., Min.Agric., Rio de Janeiro, 66:73, 1 mapa, 28 fot., 1 fig.
- COLBERT, E.H. (1970) A Saurischian dinosaur from the Triassic of Brazil - Am.Mus.Novitates, 2405:1-39, 14 fig., 2 tb., American Museum of Natural History, New York.
- COX, C.B. (1934) Lamelibrânquios de los estratos gondwânicos del Uruguay - Bol.Inst.Geol.del Uruguay, Montevideo, 21 (in Delaney & Goñi, 1963).
- DELANEY, P.J.V. & GOÑI, J.C. (1963) Correlação preliminar entre as Formações Gondwânicas do Uruguai e do Rio Grande do Sul, Brasil - Bol.Paranaense Geografia, Curitiba, 8/9:3-21, 2 fig.
- DELANEY, P.J.V. & FORMOSO, M.L.L. (1960) Ocorrência de uma chamada bentonita no Município de São Gabriel, Rio Grande do Sul Bol.Esc.Geol.UFRGS, Porto Alegre, 2:13.
- ELIZALDE et alli. (1970) Carta Geológica del Uruguay - Escala 1:100,000, Segmento Aceguá - Sector XX, Colection Ciências, Serie Especial 3, 126 p., 1 mapa, ilustr., Montevideo.
- FIGUEIREDO Fº, P.M. & SALGADO, C.A. (1964) Relatório geológico preliminar na Parte Brasileira da Bacia Hidrográfica da Lagoa Mirim. Apresentado ao Grupo de Planejamento da Baixada Sul Riograndense da Superintendência do Plano de Valorização Econômica da Região Fronteira Sudoeste do País. 45pp., 1 mapa, ilustr. (Inédito).
- FIGUEIREDO Fº, P.M. de & SCHREIDER, A.W. (1968) Relatório do Levantamento Geológico Preliminar - Estrada BR-290

- Trecho Pôrto Alegre-Osório, entre os quilômetros 0 a 52, feitos pela SOTEGEO, Soc. Técnica de Geologia e Min. Ltda. para o DNBR (Inédito), 45 pp., 36 mapas.
- FORMOSO, M.L.L. & FIGUEIREDO F^o, P.M. de (1966) Estudo Sedi-
mentológico do Grupo Guatá - Publ. Esp. Esc. Geol. UF
PCS, Pôrto Alegre, 12:55.
- FORMOSO, M.L.L. & WILLIG, C.D. (1969) Unidade Redbea nos
arredores de Pôrto Alegre - Comunicação no XVIII
Congresso da Soc. Bras. Geol., Salvador, Bahia.
- FRIEDMANN, G.M. (1959) Identification of carbonate minerals
by staining methods - Journ. Sed. Pet., 29(1):87-97.
- GAMERMANN, N. (1970) Formação Rosário do Sul, Dissertação
de Mestrado apresentada no Curso de Pós-Graduação
da Escola de Geologia da UFRGS (Inédito).
- GORDON JR., M. (1967) Classification of the Goodwanic rocks
of Paraná, Santa Catarina and Rio Grande do Sul
Not. Prel. Est., DGM, DNPM, Rio de Janeiro, 38:20.
- HUENE, F. von & STAMLECKER, R. (1931) Observações geoló-
gicas no Rio Grande do Sul. Tradução do original:
Geologische Beobachtungen in Rio Grande do Sul, pu-
blicado pelo Neues Jahrbuch für Mineralogie und
Geologie, Beil.-bd 65, abt B, pp 1-82, 1931, feita
por BELTRÃO, R. & NEUMAIER, M. - Bol. Inst. Cien. Nat.
Universidade Federal de Santa Maria, 3:102, 1968.
- INMAN, D.L. (1952) Measures for describing the size dis-
tribution of sediments - Journ. Sed. Pet., 22(3):
125-145.
- JOHNS, W.D.; GRIM R.E.; BRADLEY, W.F. (1954) Quantitative
estimations of clay minerals - Journ. Sed. Pet.,
24:242-251.
- MACEDO, A.L. (1967) Planejamento Geohidrológico no Rio
Grande do Sul. - Div. Prod. Min., Sec. Agric. Est. RGS.,
Pôrto Alegre, 99 pp., 6 fot., 13 cuadros, 6 fig.,

1 mapa.

- MACHADO, E.R. (1954) Investigação de ocorrências de calcário-Dom Pedrito (Cêrro das Caveiras), RGS - Relatório Interno nº 5/54, Com.Esp.Obras Irrig., Sec. Obras Pub. Est.RGS.
- MACHADO, E.R. & CASTANHO, O.S. (1956) Pesquisas de Carvão Mineral na Faixa Sedimentar do Rio Grande do Sul 1ª etapa: Trecho Arroio Taquara (minas do Loão, São Jerônimo) - Arroio Capanézinho (Cachoeira do Sul) D.A.C.M., Sec.Obrs.Pub.RS, Porto Alegre, Nov.1956.
- MACHADO, E.R.; DEQUECH, V.; CASTANHO, O.S. (1962) Condicionamento geológico das jazidas de carvão do Brasil Meridional (RGS-SC) Avulso Esc.Geol.UFRGS, Porto Alegre, 4:55.
- MARTINS, E.A. & SENA SOBRINHO, M. (1951) *Lycopodiopsis Derbyi* (Renault) e *Glossopteris* sp. no Estrada Nova (Permo-Triassico) do Rio Grande do Sul - An.Ac.Bras Cien., Rio de Janeiro, 23(3): 323-328.
- MARTINS, E.A.; SENA SOBRINHO, M.; BEURLIN, K. (1955) Novos conhecimentos geológicos no Rio Grande do Sul - Bol Mus.Nac., Rio de Janeiro, Geologia 19:21, Ilustr.
- MENDES, J.C. (1952) A Formação Corumbataí na região do rio Corumbataí - Bol.Univ.São Paulo, São Paulo, 145:8, in Delaney & Goñi (1963).
- MENDES, J.C. (1967) The Passa Dois Group (The Brazilian Portion of the Paraná Basin) in Problems in Brazilian Gondwana Geology, Ed. por Bigarella, Becker & Pinto, Curitiba, p. 119-166, Ilustr.
- MENDES, J.C. & FULFARO, V.J. (1966) As camadas gondvânicas no Nordeste do Paraná - Bol.Soc.Bras.Geol., São Paulo, 15(4):29-42.
- MENDES, J.C.; FULFARO, V.F.; AMARAL, S.E.; LINDIM, P.M.B. (1966) A Formação Irati (permiano) e fácies associadas - Bol.Soc.Bras.Geol., São Paulo, 15(3):24-43.

- MORRIS, R.H. (1963) Geologia geral das Quadriculas de Gravataí, Taquara e Rolante, Rio Grande do Sul, Brasil. Publ.Esp.Esc.Geol. UFRGS, Porto Alegre, 5:38, 3 fig., 2 fot., 3 mapas.
- NORTHFLEET, A.A.; MEDEIROS, R.A.; MUELMANN, H. (1969) Reavaliação dos dados geológicos da Bacia do Paraná - Bol.Tec.PETROBRÁS, 12(3):291-346, Rio de Janeiro.
- PADULA, V.T. (1968) Estudos Geológicos da Formação Irati - Sul do Brasil - Bol.Tec.PETROBRÁS, 11(3): 407-430, Rio de Janeiro.
- PASSOS, N. & GAVRONSKI, H.F. (1961) Relatório da Pesquisa de Carvão da Bacia do Gravataí no Rio Grande do Sul, nos Municípios de Porto Alegre, Viamão, Gravataí e Canoas, nos anos de 1950, a 1953. Div. Fom. Prod.Min., DNPM, 77 pp., mapas, ilustr.
- PETTIJOHN, F.J. (1957) Sedimentary rocks, Harper & Bros, New York, 2 ed.
- PINTO, I.D. (1955) Descoberta de fósseis na Formação Palermo no Rio Grande do Sul - Bol.Inst.Cien.Nat. UFRGS, Porto Alegre, 2:19-23, 3 est.
- PINTO, I.D. (1965) Novos insetos da Formação Irati: o problema da idade das Formações Irati e Rio Bonito. Avulso Div.Geol.Min. 40:61-62, Rio de Janeiro.
- PINTO, I.D. (1970) Reconstituição de Pygaspis Beurlen, 1934 (crustacea, Pygocephalomorpha). Simpósio Brasileiro de Paleontologia, Rio de Janeiro, 1970 - Anais Acad.Bras.Ciênc. vol. 43 - Supl. (no prelo).
- PINTO, I.D. & Col. (1966) Geology of the State of Rio Grande do Sul, Brasil - A synopsis - Publ.Esp.Esc.Geol.UFRGS, Porto Alegre, 11:22.
- RIBEIRO, M.; BOCCHI, P.R.; FIGUEIREDO Fº, P.M. de; TESSARI, R.I. (1966) Geologia da Quadricula de Caçapava do Sul, Rio Grande do Sul, Brasil Bol.Div.Fom.Prod.Min. DNPM, Rio de Janeiro, 127.232 1 mapa.

- ROBINSON, G.W (1922) A new method for mechanical analysis of soil and other dispersions. Jour.Agr.Sci., 12: 306-321.
- RÜSLER, O. (1970) Novas ocorrências fossilíferas do Grupo Passa Dois no Rio Grande do Sul. Tese de Mestrado no Curso de Pós-Graduação da Escola de Geologia da UFRGS (Inédito).
- SALAMUNI, R. (1963) Estruturas sedimentares singenéticas e sua significação na Série Passa Dois - Bol.Univ.Paraná, Geol. 12:90, ilustr.
- SANFORD, R.M. & LANCE, F.W. (1960) Basin study approach to oil evaluation of Paraná Miogeosyncline, South Brazil - Bull.Amer.Assoc.Petrol.Geol., 44(8):1316-1370, 24 fig.
- SENA SOBRINHO, M. (1958) Mapa Mineiro-Geológico do Rio Grande do Sul - Dir.Prod.Min., Sec.Agric.Ind.Com.RGS, 13 pp., 1 mapa.
- SENA SOBRINHO, M. (1963) Geologia e Recursos Minerais do Rio Grande do Sul - Dir.Prod.Min., Sec.Agric.RGS, 36 pp., 1 mapa, ilustr.
- SOMMER, F. & TRINDADE, N (1966) Lycopodiales do Gondwana Brasileiro. - Bol.Div.Geol.Min., DNPM, 230:31, Rio de Janeiro.
- TESSARI, R.I. & PICADA, R.S. (1966) Geologia da Quadrícula de Encruzilhada do Sul, RGS (Brasil) - Bol.Div.Fom Prod.Min., DNPM, 124:1-147, 1 mapa, ilustr., Rio de Janeiro.
- WENTWORTH, C.K. (1926) Methods of mechanical analysis of sediments - Univ. Iowa Studies, 11:635-674
- WHITE, I.D. (1908) Relatório final da Comissão de Estudos das Minas de Carvão de Pedra do Brasil. Trad. Carlos Moreira e original. 300 pp., 2 mapas, 2 apêndices, Ilustr. Imprensa Nacional, Rio de Janeiro.
- ZINGANO, A.G. & CAUDURO, A (1959) Afloramentos fossilíferos do Rio Grande do Sul. - Bol.Inst.Ciênc.Nat.UFRGS, 8:48, 1 mapa, ilustr.

ANEXO 1

SÍMBOLOS EMPREGADOS NAS SECÇÕES E PERFIS USADOS NESTE TRABALHO

	FOLHELHO		ESTRATIFICAÇÃO CRUZADA
	FOLHELHO PAPIRÁCEO		VEIOS PREENCHIDOS POR SÍLICA
	FOLHELHO PIROBETUMINOSO		INTERCALAÇÕES DE CÔRES VERMELHAS E CINZA
	BENTONITA		CONGREGÕES CALCA'RIAS
	SILTITO		CONGREGÕES CALCA'RIAS COM ESTRUTURAS DE CONE-EM- CONE
	ARENITO		RESTOS DE PLANTAS FÓSSEIS
	CONGLOMERADO		RESTOS DE ANIMAIS FÓSSEIS
	CARVÃO		GIPSITA
	DIABA'SIO		ARGILAS
	EMBASAMENTO CRISTALINO		