Pesquisas em Geociências

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

**Mineralogia das Argilas nos Grupos Guatá e Itararé (Permiano) no
Subsolo de Gravataí, Rolante e Morungava, no Rio Grande do Sul, Brasil**

Gerardo Eugenio Bossi, Silvana Ribeiro Lenzi

Pesquisas em Geociências, 14 (14): 7-21, set./dez., 1981.

Versão online disponível em:

<http://seer.ufrgs.br/PesquisasemGeociencias/article/view/21730>

Publicado por

Instituto de Geociências

Portal de Periódicos
UFRGS

UNIVERSIDADE FEDERAL
DO RIO GRANDE DO SUL

Informações Adicionais

Email: pesquisas@ufrgs.br

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

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

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

Data de publicação - set./dez., 1981.

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

**MINERALOGIA DAS ARGILAS NOS GRUPOS GUATÁ E ITARARÉ (PERMIANO)
NO SUBSOLO DE GRAVATAÍ, ROLANTE E MORUNGAVA,
NO RIO GRANDE DO SUL, BRASIL**

*Gerardo Eugenio Bossi**
Silvana Ribeiro Lenzi

SINOPSE

A assembléia de argilo-minerais da fração menor que 2 micra das camadas de folhelhos entre os grupos Guatá (Formação Rio Bonito e Palermo) e Itararé (indiviso) na área Gravataí-Morungava-Rolante (RS, Brasil) foi estudada usando-se análise por difração de raio-X.

Foram selecionados os seguintes testemunhos de sondagem: 5CA-79-RS, 5CA-87-RS, 5CA-91-RS, 5CA-97-RS, 5CA-98-RS e 5CA-99-RS de maneira a cobrir uma maior gama de variação.

Caulinita é o principal mineral neoformado dos carvões paludiais da Formação Rio Bonito, associado com illita, camada mista de I-M (70-30), montmorillonita e clorita carreadas das terras altas adjacentes (sempre com alguma caulinita adicional). Picos de caulinita estão ausentes em amostras tomadas a um metro abaixo do contato com espessos sills de diabásio intrusivos nessa seção.

Uma mistura mineral regularmente acamada: clorita-caulinita (50-50) foi algumas vezes detectada nesse local. A percentagem de caulinita decresce rapidamente em direção ao Grupo Itararé (o qual tem a facies varvítica completamente desprovida de caulinita) e para cima, um suave aumento em direção à Formação Palermo. A facies folhelho-arenosa marinha do Palermo é rica em illita e camada mista irregular de illita-montmorillonita.

ABSTRACT

The clay mineral assemblage of the $< 2\mu$ fraction of shale beds belonging to the Guatá (Rio Bonito and Palermo Formations) and Itararé (not divided) Groups in the Gravataí-Morungava-Rolante area (RS, Brazil) was studied using X-ray Diffraction Analysis. Continuous well core sections of

sites number: 5CA-79-RS, 5CA-87-RS, 5CA-91-RS, 5CA-97-RS, 5CA-98-RS and 5CA-99-RS were selected to cover most of the variability.

Kaolinite is the main neoformed mineral in the paludal coal bearing Rio Bonito Formation, associated with illite, mixed-layer I-M (70-30), montmorillonite and chlorite carried down from the surrounding highlands (together with some additional kaolinite). Peaks of kaolinite are absent in samples taken within a meter from the contact with thick diabase sills intruded in this section. A regular mixed-layered mineral: chlorite-kaolinite 50-50, was sometimes detected in this place. The kaolinite percentages decrease rapidly down into the Itararé Group (which has varvite facies complete devoid of kaolinite) and gently up into the Palermo Formation. The Palermo sandy shale marine facies are rich in illite and irregular mixed-layer illite-montmorillonite.

1. INTRODUÇÃO

O presente estudo de mineralogia de argilas em testemunhos de sondagens de furos localizados nas áreas de Morungava, Gravataí, Taquara e Rolante, na região nordeste do Rio Grande do Sul (fig. 1), faz parte de um projeto maior: "Pesquisa geológica integrada das bacias carboníferas do Rio Grande do Sul e Santa Catarina" desenvolvido paralelamente ao convênio UFRGS-FINEP, no biênio 1978-1979.

A finalidade principal do estudo é determinar as associações de minerais de argila existentes na fração menor que duas micra dos sedimentitos pelíticos que acompanham as camadas de carvão da Formação Rio Bonito. Embora a amostragem tenha sido concentrada nestas facies, procurou-se também abranger as diferenças faciais dentro da

*Professor do Curso de Pós-Graduação em Geociências da UFRGS. Trabalho recebido para publicação em 12/05/80.

formação, assim como as variações estratigráficas com as unidades que a precedem e a sucedem.

A amostragem compreende os grupos Itararé (indiviso, possivelmente representado pela Formação Rio do Sul, MUHMANN et alii, 1974) e Guatá (Formação Rio Bonito e Palermo) nos furos de sondagem (figura 1) 5CA-79-RS, 5CA-87-RS, 5CA-91-RS, 5CA-97-RS, 5CA-98-RS e 5CA-99-RS da Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais (CPRM). O quadro 1 apresenta em forma resumida a posição estratigráfica das unidades mencionadas, as litofácies presentes, a interpretação ambiental (modelo possível) e nome usado no texto para identificação das facies. A figura 1 mostra a localização geográfica dos furos e alguns elementos paleogeográficos tomados de BOSSI & PICCOLI (1979) e PICCOLI & BOSSI (1979).

O Grupo Itararé compreende várias facies de distribuição geográfica heterogênea, próprias de um ambiente glacial e peri-glacial. Abundam os paraconglomerados e regolitos nas encostas abruptas da paleogeografia, seguidos, gradiente abaixo, por ortoconglomerados com arenitos ou ritmitos (varvitos) em disposição mutuamente excluyente. A mineralogia de argila dos ritmitos estudada no furo 91, caracterizada pela ausência de caolinita, confere com a interpretação destes como *varvitos*.

A Formação Rio Bonito, que segue em transição ao Grupo Itararé infraposto, apresenta-se em duas facies bem definidas: *facies paludial* (inferior) e *facies costeira de mangue*. Ambas as facies se sucedem normalmente no caso dos furos 97, 98 e 99 (figuras 5, 6 e 7), porém pode faltar uma ou outra como acontece nos furos 79 e 91 (figuras 2 e 4) onde o arenito basal da Formação Palermo repousa diretamente nas facies paludiais, ou como no caso do furo 87 onde só estão representadas as facies costeiras de mangue (figura 3).

As facies paludiais da Formação Rio Bonito compreendem siltitos e argilitos pretos e cinza-escuros maciços que alternam com camadas de carvão, alguns arenitos esbranquiçados perto da base e freqüentes paraconglomerados na metade inferior. Esta sequência corresponde a um modelo paludial com turfeiras e pântanos desenvolvidos nas áreas baixas da topografia herdada do ambiente glacial prevalecente durante a sedimentação do Grupo Itararé. A análise de ciclicidade parece indicar que o carvão originado nestas turfeiras e os siltitos pretos associados estavam relacionados com um sistema fluvial de canais pouco hierarquizado de drenagem difícil e vagarosa. Os escassos arenitos de canal fluvial associados a estes ciclos são substituídos na maioria dos casos por paraconglomerados de grânulos e matriz siltica (pedra areia) originados por enxurradas (correntes de densidade) relacionadas com chuvas abundantes.

As facies costeiras de mangue consistem em siltitos laminados irregularmente ou laminação areia/silte freqüentemente bioturbada (por animais

escavadores), alguns horizontes de solo ou de raízes e escassos restos de plantas. Os arenitos são raros e sempre finos com laminação plano-irregular ou flaser (figura 3, furo 87). O modelo de planície costeira parcialmente influenciado pela maré, habitado por uma vegetação de mangue, não só é consistente com as estruturas e texturas presentes como também com sua posição estratigráfica intermediária entre as facies paludiais e os arenitos basais da Formação Palermo (um complexo de praia) que seguem acima, em franca disposição transgressiva.

A Formação Palermo foi estudada unicamente na sua parte basal, mediante uma amostragem limitada, nos furos 79, 91 e 99, que só procurou detectar as mudanças ocorridas nas argilas ao passar do ambiente continental para outro marinho. As conclusões logo apresentadas não podem ser consideradas válidas para toda a formação. Duas facies podem ser reconhecidas com base em evidências estratigráficas: as *facies de praia*, na realidade um complexo de praia, lagoas e barras litorais, que formam a base da unidade, disposta transgressivamente no substrato (vários níveis da Formação Rio Bonito, o Grupo Itararé e inclusive o embasamento, representado pelo Grupo Cambaí), e as *facies litorais (marinhas)*, se siltitos laminados e bioturbados depositados em fundos rasos com abundante fauna bentônica (Quadro 1).

Além das considerações estratigráficas, na escolha dos furos para o presente estudo, foram tidos em conta aspectos salientes na paleogeografia de ambos os Grupos. Os furos 91 e 99 encontram-se dentro do paleovale Morungava, frente à encosta abrupta do Alto Gravataí; os furos 97 e 98, pelo contrário, localizam-se no lado oposto, suave. O furo 87 pertence a um alto estrutural coberto na fase final da sedimentação da Formação Rio Bonito e finalmente o furo 79, no extremo NE, representa a sedimentação numa área deprimida longe das elevações maiores (Alto Gravataí principalmente).

2. METODOLOGIA

Foram coletados para cada amostra aproximadamente 200g de material sempre em siltitos ou argilitos sem alteração secundária visível. Os pontos de amostragem localizados aleatoriamente procuram representar a mineralogia de argilas perto, entre e longe das camadas de carvão e dos sills de diabásio (especificamente nos furos 79 e 91).

A desagregação inicial das amostras foi feita em geral, procurando reduzir o material a grãos pequenos com o mínimo de atrito entre eles, logo complementada por agitação prolongada em água destilada. A água foi trocada várias vezes no caso das frações argila que floculavam, até conseguir a suspensão estável. A fração menor que duas micra foi obtida por sifonação dos três centímetros supe-

riores da suspensão após 2:30hs de repouso.

As suspensões da fração argila saturadas com Mg e Li foram preparadas usando soluções normais dos respectivos cloretos ajustados a pH7 ou ligeiramente superior (usando o hidróxido correspondente). Esta saturação foi levada a efeito agregando, por três vezes, a solução do cloreto na argila agitando por 10min e usando logo centrifuga para clarificar o líquido retirado em cada operação. O excesso de eletrólito na argila já saturada foi tirado por lavagens sucessivas com água destilada.

Das suspensões naturais e mono iônicas, preparou-se películas orientadas usando uma pipeta e metades de lâminas. A suspensão deixada em repouso, sob uma lâmpada de 40W, secou após 24hs quase à temperatura ambiente. A lâmina de argila obtida apresentou boa orientação e uma espessura suficientemente fina (10 a 20 micra) para evitar a segregação diferencial de montmorilonita na superfície e clorita e caulinita no fundo.

As lâminas orientadas foram analisadas por difratometria de raios-X, após seca ao ar, saturadas com líquidos orgânicos ou calcinadas. A listagem que segue compreende as diversas condições de experimentação usadas no estudo, sem que signifique que foram aplicadas rotineiramente em todas as amostras.

Mg ⁺⁺ — seca ao ar	Mg ⁺⁺ — glicerol
	Mg ⁺⁺ — glicol etílico
Li ⁺ — seca ao ar	Li ⁺ — glicerol
	Li ⁺ — glicol etílico
Li ⁺ — calcinada a 490°C/4hs	
Natural — seca ao ar	Natural — glicolada
Natural — calcinada a 490°C/4hs	

As lâminas glicoladas foram obtidas em dessecador após 48hs, à temperatura ambiente. O glicerol foi incorporado misturando a suspensão argilosa com 0,15-0,25% de glicerol por volume, dependendo mais da densidade da suspensão argilosa do que do conteúdo em minerais expansíveis. A calcinação foi efetuada em forno com regulação automática.

Os diagramas de raios-X foram obtidos num Difratômetro Norelco nas seguintes condições instrumentais:

Escala: 1 a 4 x 10² cps

RS: 1

Radiação: Cu

32Kw e 17mA

Constante de tempo: 1seg — 4seg

Filtro: Ni

Velocidade do goniômetro: 1°28/min

Velocidade da carta: 1-2°28/cm

3. IDENTIFICAÇÃO DOS MINERAIS ARGILOSOS

As lâminas orientadas naturais oferecem nos três tratamentos clássicos (seca ao ar — glicolado — calcinado) condições muito precárias para a identificação de esmectitas e outras variedades expansíveis. É impossível nestas condições distinguir, por exemplo, Beidelita de Montmorilonita, cloritas expansíveis de Vermiculita ou Esmectita, camadas mistas entre esmectitas, etc. Os tratamentos com Li⁺ e Mg⁺⁺ complementam a análise provendo de intercâmbios mono iônicos com propriedades bem diferentes e aliás diagnósticas. O tratamento com Mg⁺⁺ é essencial para distinguir entre esmectitas e vermiculitas em geral, segundo WALKER (1957) e logo conferido em grande escala por BOSSI (1970), num estudo de mais de 400 amostras do Triássico de Ischigualasto (argentina). O pico 001 nos diafratogramas de lâminas orientadas com Mg-glicerol se expande a 17,7A° no caso das esmectitas ou permanece perto dos 14,3A° se tratar-se de vermiculitas (ou cloritas expansíveis). A saturação com Li permite distinguir Beidelita de Montmorilonita e outros minerais mais raros (Nontronita ou Saponita) devido à mobilidade do íon Li a temperaturas moderadas (200 a 300°C). Segundo GREENE-KELLY (1953), os minerais expansíveis cuja carga residual negativa provém de posições vagas na subcamada octaédrica (caso de Montmorilonita e Saponita) permitem a entrada durante o aquecimento do pequeno íon Lítio em quantidades suficientes até compensar essa carga. O resultado final é a perda da capacidade de expansão do mineral por líquidos orgânicos. No caso de Beidelita (ou Nontronita), a carga residual negativa provém de substituições na subcamada tetraédrica de Al (ou Fe⁺⁺⁺) por Si, que não pode ser compensada por ingresso do íon Lítio, já que existem posições vagas acessíveis, persistindo, logo ao aquecimento, a capacidade de expansão com líquidos orgânicos. No ensaio GREENE-KELLY, o diafratograma Li⁺, aquecido a 250°C-glicerol, separa a Montmorilonita (contraída a 9,8-10A°) da Beidelita (expandida a 17,7A°). Beidelitas sedimentares podem ocorrer em seqüências derivadas da erosão de granitos (BOSSI, 1969).

O uso de íon Li⁺ em análises de rotina foi amplamente pesquisado por BOSSI (1970, 1972 e 1974), visando obter um comportamento uniforme das esmectitas nos diafratogramas de raios-X. O pico 001 aparece geralmente a 12,5A° bem separado dos picos 001 de Ilita e Clorita (10 e 14,2A° respectivamente). O íon Lítio confere estabilidade às suspensões e permite obter lâminas orientadas com excelentes condições de reprodutibilidade para a análise semiquantitativa. Neste trabalho, o ensaio GREENE-KELLY (1953) e o procedimento de análise quantitativa proposto por BOSSI (1974) não pode ser aplicado por falta de condições ade-

quadas de laboratório. Embora esta seria dificuldade, o tratamento com Lítio, usado intensivamente no início da pesquisa, foi progressivamente abandonado pela escassa participação das esmectitas e minerais expansíveis na fração menor que duas micra.

O tratamento com Mg^{++} -glicerol adequado para identificar a presença de Clorita expansível ou Vermiculita foi aplicado na amostra 79/03, com um mineral de expansão limitada (14,5 para 15,3 Å, figura 8.2). A ausência das ordens superiores do espaçado basal 001 parece indicar que se trata de uma clorita (expansível?) calcinada pela vizinha intrusão de diabásio.

Dois tipos de acamadamento irregular Ilita-Montmorilonita foram reconhecidos:

a) camadas mistas I-70: M-30, com pico 001 a 10,5-11 Å nos diafratogramas Li^- ou natural seca ao ar, que muda para 12,5 Å nos diafratogramas com glicol-etílico (figura 8, 3).

b) camadas mistas I-50: M-50, que apresentam um pico 001 a 12 Å (nas amostras secas ao ar) que muda para 14,5-15 Å, logo após glicolados (figura 8, 1).

Em ambos os casos, a identificação das proporções relativas dos componentes das camadas mistas foi feita usando as curvas de McEWAN et alii (1961, fig. XI.17, pg. 417).

Um só tipo de acamadamento regular foi detectado nos furos 79 e 99 (figura 8.4).

O espaçado basal ocorre a 22 Å e persiste sem mudanças com a introdução de glicol ou blicerol. As ordens superiores são aparentemente regulares (002 = 10,5 Å; 003 = 7,1 Å; 004 = 5,5 Å, etc.) e pela simples soma de espaçados corresponde a uma camada mista tipo Clorita-Caulinita 50:50, ainda não registrada na literatura consultada.

O trabalho por calcinação a 490°C foi efetivo para a identificação.

4. ANÁLISE SEMIQUANTITATIVA

A análise semiquantitativa das associações de minerais argilosos apresenta relações de abundância relativa, que se expressam graficamente mediante médias harmônicas nas figuras 2 a 7. As regras seguidas, que se detalham logo, implicam no uso de vários picos afetados por diferentes fatores de polarização e de Lorentz de duvidosa comparação direta. As condições experimentais, por enquanto, não permitiram maior precisão.

1. A área do pico a 10 Å no diagrama Li-glicerol ou Natural-glicol foi atribuída a *Ilita*.

2. A metade da área do pico a 7,2 Å, foi atribuída à mistura *Caulinita+Clorita*.

3. As alturas relativas dos picos a 3,52 Å (004 de Clorita) e 3,57 Å (002 de Caulinita) permitiram partilhar a área anterior nas proporções relativas destes minerais.

4. A área do pico a 12,5 Å nos diagramas Na-

tural-glicol ou Li-glicol foi atribuída às camadas mistas tipo I-70:M-30.

5. A terça parte da área do pico a 17,7 Å, nos diagramas Natural-glicol ou Li-glicol foi atribuída a *Montmorilonita* (ou *beidelita*?).

6. A metade da área do pico a 14,5-15 Å nos diagramas Natural-glicol e Li-glicol foi atribuída às camadas mistas do tipo I-50:M-50.

7. A metade da área do pico a 22 Å, dos diagramas secados ao ar ou glicolados, foi atribuída às camadas mistas Clorita-Caulinita 50:50, regulares.

Os valores obtidos (em mm^2) foram reduzidos a porcentagem mediante a fórmula:

$$100 = \text{área 1} + \frac{\text{área 2}^*}{2} + \text{área 4} + \frac{\text{área 5}}{3} + \frac{\text{área 6}}{2} + \frac{\text{área 7}}{2}$$

*a porcentagem dividida entre Clorita e Caulinita segundo 3.

Os desenhos das figuras 2 a 7 apresentam a variação da mineralogia de argilas ao longo dos perfis estratigráficos. As porcentagens foram calculadas com o procedimento anterior, mas o desenho apresenta médias harmônicas de cada par de amostras vizinhas (exceto os extremos). Desta forma, as curvas mostram as tendências gerais deixando de lado as variações locais.

5. DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

Na inspeção das figuras 2 a 7 pode-se advertir a predominância da associação Ilita — Camadas Mistas I-M — Caulinita. As camadas mistas regulares CL-C, a Clorita e a Montmorilonita podem ser consideradas acessórias. Exceto no furo 79, que se discute ao final, a variação quantitativa da associação de argilas no sentido estratigráfico é similar e consistente com as litofacies correspondentes definidas no quadro 1 e nos perfis litológicos que acompanham as figuras 2 a 7.

O grupo Itararé, conseqüente da grande heterogeneidade de suas facies, apresenta uma mineralogia de argilas muito variável. Ilita é o mineral mais abundante formando entre 40 e 60% da associação, em clara relação antitética com as camadas mistas I-M irregulares. As camadas mistas irregulares são significativamente abundantes no furo 79 e junto com a Ilita derivam da alteração das micas do granito Cambaí, que aflora em áreas vizinhas elevadas (Alto Gravataí, etc.). A Caulinita se insinua como o segundo componente majoritário (furo 97, figura 5), aumentando progressivamente para cima (observem-se as figuras 3, 6 e 7). No furo 79 (figura 2), a Caulinita é minoritária, faltando totalmente na facies de ritmitos (varvitos?, figura 4, furo 91). A Ilita domina nestas facies pelíticas associada a feldspatos frescos (que aparecem nos diagramas de raios-X com picos importantes). O feldspatos são estáveis unicamente em climas

áridos desérticos ou glaciais. O clima glacial apresenta-se como modelo mais adequado para a distribuição de facies descrita por BOSSI & PICCOLI (1979), para a mesma área.

Nos furos 97 e 98 (figuras 5 e 6), localizados na encosta suave do Alto Gravataí (figura 1), a Caulinita é o componente mais abundante, tanto no grupo Itararé (45 a 60%) como na metade inferior da Formação Rio Bonito (70-80%). As facies paludiais persistiram no início da sedimentação, resultando assim uma seqüência pelítica com um número elevado de camadas de carvão. A taxa de acumulação nesta área foi bem menor que no lado oposto abrupto, gerando condições ótimas para a neoformação de Caulinita pela maior exposição do sedimento de fundo de pântano à alteração sub-aquática.¹

No furo 99 (figura 7), o componente individual mais abundante é Ilita (50%) caindo Caulinita para 35%, em concordância com o relevo maior do vizinho Alto Gravataí. No furo 91 (figura 4) bem defronte à encosta mais abrupta, e no fundo do paleovale Morungava, a caulinita aparece nas facies fluviais e paludiais que seguem acima dos varvitos. O pequeno sill de diabásio perto da amostra 91/08 foi suficientemente quente para calcinar o silito, com destruição quase total dos picos de Caulinita (a porcentagem desta amostra não foi tida em conta no cálculo das médias harmônicas da figura 4).

A Formação Rio Bonito apresenta diferenças marcadas na proporção de Caulinita entre as facies paludiais e de mangue, que seguem acima.

As facies paludiais coincidem com um incremento inusitado na proporção de Caulinita que aparece representada por valores que vão de 45 a 70% do total da fração argila (figuras 4, 5, 6 e 7). A origem deste incremento está ligada a determinados atributos estratigráficos nos perfis estudados. A faixa com abundante Caulinita coincide com a predominância de siltitos ou argilitos pretos ou cinza escuros, com camadas de carvão. O ambiente paludial parece ser propiciador de neoformação de Caulinita, devido à presença de águas fortemente ácidas (agressivas, segundo MILLOT, 1964), onde se desenvolvia uma abundante flora hidrófila e intensa atividade de microorganismos anaeróbicos (principalmente na interface água-sedimento). A maceração das plantas e a redução dos sulfatos gerou a necessária acidez para promover a hidrólise dos feldspatos, micas e outros minerais lábeis, transformando-os em Caulinita.

A mineralogia de argilas do furo 79 apresenta um aspecto contraditório que é devido à intrusão de um grande sill de diabásio. O efeito térmico deste, visível também na amostra 91/08, fez desaparecer os picos de Caulinita, e inclusive introduziu uma clorita ligeiramente expansível que foi formada às expensas dos outros minerais. Algumas flutuações da mineralogia de argilas no furo 99 po-

dem ser explicadas também pela vizinhança de diabásios não atingidos pela perfuração.

As facies de mangue, presentes na parte superior dos furos 97 e 98 (figuras 5 e 6) e quase na totalidade do furo 87 (figura 3), apresentam abundante Ilita e camadas mistas I-M (50 a 80%), sendo a Caulinita um componente minoritário. Todos estes minerais são essencialmente clásticos e foram trazidos da área fonte, onde se formaram pela meteorização das rochas graníticas. Existe uma leve tendência ao aumento de Ilita à medida que se ultrapassa o limite com a Formação Palermo, o que estaria relacionado com teores de salinidade crescentes.²

O desenvolvimento de uma planície costeira influenciada por marés, com ingresso de água salgada em partes da mesma não foi mais propício para o desenvolvimento de grandes matos de vegetação continental hidrófila, as águas passaram a neutras ou alcalinas e tanto a acumulação de turfa como a neoformação de Caulinita cessaram por completo.

As facies de praia da Formação Palermo apresentam uma mineralogia similar ao caso anterior infraposto, nos furos onde foi estudada (79 e 91, figuras 2 e 4). O furo 91 pode ser considerado típico pelo incremento de Ilita e correspondente diminuição de Caulinita justo na transição entre as

¹ Uma alternativa interessante referente à distribuição de caulinita no Grupo Itararé pode ter origem simplesmente estratigráfica. As partes mais fundas seriam também mais antigas, compreendendo seqüências que preencheram áreas limitadas (ex. o Vale Morungava junto à encosta abrupta do Alto Gravataí), pobres em caulinita por causa do clima rigoroso (glacial a periglacial) e à erosão rápida. Pelo contrário, as seções superiores paludiais mais extensas (e com relevos vizinhos amortecidos) apresentam quantidades crescentes de caulinita por ser o clima progressivamente mais quente e o ambiente cada vez mais favorável (transicional com a Formação Rio Bonito).

² A seqüência de minerais: MICA → ILITA → Camadas mistas ILITA-MONTMORILONITA → MONTMORILONITA constitui uma série de degradação do primeiro mineral sob clima continental úmido. O primeiro degrau implica numa série sutil de modificações na estrutura da mica, que produzem o alargamento dos picos e a redução da intensidade (passagem MICA → ILITA). A perda progressiva do Potássio na intercamada é a causa principal da entrada de outros cátions (Ca, Na e H₃O) e água em seu lugar, até que finalmente adquirem propriedades expansíveis. O conjunto de camadas expansíveis e não expansíveis se comporta sob os raios-X como um intercamadamento ILITA-MONTMORILONITA. A montmorilonita aqui é simplesmente ilita degradada, ou ilita expansível. O passo final neste processo é a transformação total (ou quase) do cristal de ilita em um conjunto de camadas expansíveis. Nesta etapa o mineral tem propriedades similares a MONTMORILONITA. A montmorilonita detectada em quantidades pequenas neste estudo não foi originada por alteração de vidro ou material vulcânicos. É simplesmente o produto final da série de degradação.

O aumento de ilita na transição Rio Bonito-Palermo corresponde sem dúvidas ao processo inverso de degradação destas ilitas degradadas no meio marinho, por incorporação do potássio ali dissolvido. O efeito relativo é o aumento de ilita em detrimento das camadas mistas e montmorilonita.

facies continentais e marinhas. O furo 79 foge à regra neste aspecto, tendo as facies paludiais menos Caulinita que aquelas supostamente de praia (estão ausentes aqui as facies de mangue). A mineralogia não pôde ser analisada em função da estratigrafia ou das facies presentes, pela presença do sill de diabásio que alterou todas as proporções originais, nas facies paludiais.

6. CONCLUSÕES

1. Existe uma forte correlação entre as facies paludiais com carvão e o desenvolvimento de Caulinita neoformada. A preferência de Caulinita nos ambientes propícios à formação de carvão é um fato ligado à presença de águas ácidas agressivas (MILLOT, 1964).

2. No furo 5CA-79-RS, a quantidade original de Caulinita desapareceu nos diagramas de raios-X, pela influência térmica do sill de diabásio intrudido no meio das facies paludiais.

3. O Grupo Itararé apresenta uma mineralogia de argilas principalmente clástica, com meteorização moderada a baixa (transformação de micas em Ilita e camadas mistas I-M). Os varvitos do furo 5CA-91-RS, por exemplo, carecem de Caulinita, ocorrendo abundante feldspato na fração argila. A preservação dos feldspatos nos pelitos é consistente com o clima glacial com geleiras de montanha sugerido pelas litofacies (BOSSI & PICCOLI, 1979).

4. Acima das facies paludiais, a Formação Rio Bonito desenvolve facies costeiras de mangue, com predominância de Ilita e camadas mistas I-M. O ambiente de águas neutras talvez ligeiramente salgadas não é mais propício para a neoformação de Caulinita. A facies de praia da Formação Palermo, que segue acima, apresenta a mesma composição mineralógica, com ligeira tendência da Ilita a aumentar sua participação.

5. Tanto no Grupo Itararé como nas facies paludiais da Formação Rio Bonito existe uma marcada diferença na proporção de Caulinita em sedimentos acumulados ao lado das encostas suaves (máxima) e abruptas (mínima) do Alto Gravataí.

A menor taxa de sedimentação e a persistência das facies paludiais na encosta suave determina o aumento significativo na proporção de Caulinita neoformada.

6. A Montmorilonita e a Clorita aparecem como minerais acessórios. A primeira é derivada da alteração de micas e mafitos e a segunda, pela pró-

pria ação deutérica dos diabásios. A mesma causa pode ser alegada para a formação do interestratificado regular Caulinita-Clorita 50:50.

7. BIBLIOGRAFIA CONSULTADA

- BOSSI, G. E. 1969. Arcillas con superespaciados de la formación Los Rastros. *Acta Geológica Lilloana*, Tucumán, 10:243-78.
- BOSSI, G. E. 1970. Asociaciones mineralógicas de las arcillas en la Cuenca de Ischigualasto-Ischichuca — Parte I: Perfiles de la Torre — Parte III: Perfiles de la hoyada de Ischigualasto. *Acta Geológica Lilloana*, Tucumán, 1(1):1-26 y 11(4):73-100.
- . 1972. A cloritized montmorillonite from the Rio Chiflón (TR) Formation of Argentina. *Clays and Clay Minerals*, London, 20:251-8.
- . 1974. Identificación de smectitas sedimentarias. *Revista de la Asociación de Mineralogía, Petrología y Sedimentología*, 4:75-104.
- & PICCOLI, A. E. M. 1979. Interpretações Paleogeográficas na Bacia do Paraná, nordeste do Rio Grande do Sul. I: Grupo Itararé. Simpósio Regional de Geologia, 9., Rio Claro, S. P.
- GREENE-KELLY, R. 1953. The identification of montmorillonoids in clays. *Journal of Soil Science*, Oxford, 4:233-7.
- McEWAN, D. M. C. 1961. Montmorillonite minerals. In: Brown, G. *The X-ray identification and crystal structures of clay minerals*. Cap. 4.
- & RUIZ AMIL, A. E. Brown, G. 1961. Interstratified clay minerals. In: Brown, G. *The X-ray identification and crystal structure of clay minerals*, cap. 11.
- MILLOT, G. 1964. *Géologie des Argiles*. Paris, Masson.
- MÜHLMANN, H.; SCHNEIDER, R. L.; TOMMASI, E.; MEDEIROS, R. A.; DAEMON, R. F.; NOGUEIRA, A. A. 1974. *Revisão estratigráfica da Bacia do Paraná*. Relatório Desul — 444 — Petrobrás. Inédito.
- PICCOLI, A. E. M. & BOSSI, G. E. 1979. *Interpretações paleogeográficas na Bacia do Paraná, nordeste do Rio Grande do Sul*. II: Grupo Guatã. Simpósio Regional de Geologia, 9., Rio Claro, S. P.
- WALKER, G. F. 1957. On the differentiation of vermiculite and smectite in clays. *Clay Minerals Bulletin*, London, 3:154-63.

FIG. 1 - MAPA DE LOCALIZAÇÃO DAS CIDADES PRINCIPAIS E DAS SONDAGENS (Fabricio et alii, 77- modificado)

5 CA - 79 - RS

DES. FLAVIA DE CASTRO

REFERÊNCIAS LITOLÓGICAS

b CARVÃO	BRECHAS INTRAFORMACIONAIS
b ARGILITOS	SEIXOS PINGADOS
b - PRETOS	DIAMICTITOS (PEDRA AREIA)
b SILTITOS	FLASER
VARVITOS	HORIZONTES COM RAÍZES OU DE PALEOSOLOS.
ARENITOS FINOS	BIOTURBAÇÃO ANIMAL
ARENITOS MÉDIOS E GROSSEIROS	PLANTAS NÃO IDENTIFICÁVEIS
CONGLOMERADOS	PLANTAS IDENTIFICÁVEIS
BRECHAS (TILITOS ?)	

VIDE FIGURA 7 (MINERALOGIA)

DES. FLAVIA DE CASTRO

FIG. - 4

5 CA - 91 - RS

REFERÊNCIAS VIDE FIGURAS 3 (LITOLOGIA) E 7 (MINERALOGIA)

DES FLAVIA DE CASTRO

FIG. - 5

5 CA - 97 - RS

PERFIL - CPRM (Modificado)

REFERÊNCIAS VIDE FIGURAS 3 (LITOLOGIA) E 7 (MINERALOGIA)

DES. FLAVIA DE CASTRO

FIG. - 6

5 CA - 98 - RS

PERFIL CPRM (modificado)

REFERÊNCIAS VIDE FIGURAS 3 (LITOLOGIA) E 7 (MINERALOGIA)

DES. FLAVIA DE CASTRO

K = CAULINITA ; I = ILITA ; Cm¹ = CAMADAS MIXTAS I-70 M-30 ;
 Cm² = IDEM I-50 M-50 ; Cm³ = IDEM K-CL REGULARES ;
 CL = CLORITA ; MONT = MONTMORILONITA

REFERÊNCIAS VIDE FIGURA 3 (LITOLOGIA)

DES. FLAVIA DE CASTRO

FIG. - 8

REFERÊNCIAS

RADIAÇÃO Cu Kα
FATOR DE ESCALA 10^2 cps
CONSTANTE DE TEMPO 1 seg
EQUIPE PHILIPS MODELO PW 1010
CÓDIGOS DAS AMOSTRAS

79/07
FURO NÚMERO DE AMOSTRA

I - ILITA M - MONTMORILONITA
CM1 - CAMADA MIXTA I-70:M-30
CM2 - CAMADA MIXTA I-50:M-50
CM3 - CAMADA MIXTA REGULAR
CAULINITA - CLORITA
CL - CLORITA * CALCINADA
K - CAULINITA
VALORES DOS ESPAÇADOS EM ÅNGSTRÖMS

DES. FLAVIA DE CASTRO

QUADRO I : UNIDADES ESTRATIGRÁFICAS, FÁCIES E AMBIENTES

GRUPO	FORMAÇÃO	LITOFÁCIES RECONHECIDAS	INTERPRETAÇÃO AMBIENTAL (MODELO SEDIMENTAR)	NOME DAS FÁCIES
GUATÁ	PALERMO	(A) SILTITOS FINOS ALTERNANDO COM SILTITOS GROSSEIROS E/OU ARENITOS MUITO FINOS, LAMINAÇÃO IRREGULAR BIOTURBADA, ABUNDANTES PLANOS DE EROÇÃO, ARENITOS GROSSEIROS, ME- TOS ATÉ GROSSEIROS INTERCALADOS E MOLDES DE ORGANISMOS BENTÔNICOS.	FUNDO MARINHO DE PLATAFORMA RASA COM FORTE INFLUÊNCIA DE MARÉS, AMBIENTE OXIGENADO, PH ÁCIDO, SEM PRESERVAÇÃO DE CONCHAS CARBONÁTICAS, OU DESENVOLVIMENTO DE CAMADAS CARBONÁTICAS. CLIMA FRIO A TEMPERADO.	MARINHAS
		(B) OU CRUZADA (PROFUSAMENTE CINZA ESCURO, ESTRATIFICAÇÃO ZIGZAGUEADA COM INTERCALAÇÕES SILTICAS, AS VEZES ABUNDANTE RAÍZES E RESTOS DE PLANTAS.)		
		(C) SILTITO CINZA A B IOTURBADA COM INTERCALAÇÕES SILTICAS, AS VEZES ABUNDANTE RAÍZES E RESTOS DE PLANTAS.)		
		(D) SILTITOS E ARGILITOS PRETOS MACIÇOS, COM VÁRIAS CAMADAS DE CARVÃO INTERCALADAS, RESTOS DE PLANTAS MUITO ALTERADOS, BIOTURBAÇÃO VEGETAL (ROMPIMENTO EM BLOCOS). POUCOS HORIZONTES COM RAÍZES. PEDRA AREIA FREQUENTES.	COMPLEXO DE PRAIAS, LAGOAS E BARRAS LITORAIS, EM FAIXAS NW/SE EM RELAÇÃO FORTEMENTE TRANSGRESSIVA.	
ITARARÉ	RIO DO SUL (?)	(E) SILTITOS CINZA, VERDE E BORDÔ, ABUNDANTES RESTOS DE PLANTAS IDENTIFICÁVEIS E RAÍZES	PLANO COSTEIRO COM INFLUÊNCIA DE MARES. VEGETAÇÃO DE MANGUE. AGUAS ESTANCADAS, ESCASSO OXIGÊNIO, ACUMULAÇÃO DE MATÉRIA VEGETAL AUTÓTONA E ALÓTONA, INGRESSÃO ACIDENTAL DE CORRENTES DE DENSIDADE.	PRAIA
		(F) ARENITOS GROSSEIROS E MÉDIOS.	SEDIMENTAÇÃO LATERAL ASSOCIADAS AOS PSAMMITOS FLUVIO-GLACIAIS, NAS ENCOSTAS SUAVES, EM PARTE, CORRENTES DE DENSIDADE.	MANGUE
		(G) PARACONGLOMERADOS ARENITOS.	LEQUES FLUVIO-GLACIAIS E OUTRAS FORMAS CONSTRUCIONAIS ASSOCIADAS A FRENTE DE GELEIRAS.	PALUDIAIS
		(H) REGOLITOS (BASAIS) E TRES COM HORIZONTES ESCORREGADOS	RETRABALHADO DE TILLS VARVITOS E REGOLITOS FLUVIO-GLACIAIS. RITMICA DADA BEM DESENVOLVIDA; AUSÊNCIA DE CAOLINITA. CLIMA FRIO EXTREMO.	FLUVIO GLACIAIS
				GLACIAIS

DEB PLAVIA DE CASTRO

* ARENITOS DE CANAL FLUVIAL DESENVOLVIDOS LOCALMENTE NO PALEOVAL MORUNGAVA