Pesquisas em Geociências

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

**Estudo de Sequências Sedimentares, Formação Rio Bonito, Área de Gravataí -
Morungava, RS**

Gerardo Eugenio Bossi, Ana Emília Mendes Piccoli
Pesquisas em Geociências, 13 (13): 63-89, set./dez., 1980.

Versão online disponível em:

<http://seer.ufrgs.br/PesquisasemGeociencias/article/view/21749>

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., 1980.

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

ESTUDO DE SEQUÊNCIAS SEDIMENTARES, FORMAÇÃO RIO BONITO,
ÁREA DE GRAVATAÍ - MORUNGAVA, RS.

Gerardo Eugenio Bossi*
Ana Emília Mendes Piccoli*

SINOPSE

A análise de testemunhos de sete sondagens da área de Gravataí-Morungava, RS, permitiu reconhecer a ciclicidade da sequência de sedimentação da Formação Rio Bonito na área.

Dois ciclos ideais foram definidos, um essencialmente palustre e outro fluvial.

O ciclo palustre inicia com depósitos originados por correntes de densidade e finaliza com sedimentação típica de pântano. As probabilidades de transições decrescem no final do ciclo.

O fluvial, granodecrescente, se apresenta escassamente desenvolvido. Compreende depósitos de canal, na base e de planície de inundação, no topo. Torna-se, muitas vezes, tipicamente palustre na parte superior. Estes pântanos têm origem não somente em áreas alagadiças de máxima subsidência, como em canais fluviais abandonados.

ABSTRACT

Seven continuous well-cores sequences of the Rio Bonito Formation at the Gravataí-Morungava Area (RS, Brasil) were tested for markovian properties in order to demonstrate the presence of cyclicity.

A complex cycle was defined, divided in two subcycles not always easy to separate by the analysis: paludal, fluvial.

The paludal subcycle start with paraconglomerates originated by density currents and ends up in black shales and coal.

Probabilities of transition decrease up within the paludal subcycle, due to a progressive increase of the influence of random process in this "minimum mechanical energy stage".

The fluvial "finning up" subcycle, not always well developed, starts with channel sandstones at the base grading up into siltstones and shales which in turn could evolve into paludal black sediments.

* Instituto de Geociências - U.F.R.G.S.
Trabalho recebido para publicação em 03/03/80.

PESQUISAS, PORTO ALEGRE, 13:63-89, DEZEMBRO, 1980

1-INTRODUÇÃO

O estudo de sedimentitos antigos ou recentes mostra que os diversos ambientes de sedimentação apresentam características próprias cujas facies distintas se sucedem com uma certa ordem e recorrência.

A sucessão de camadas em ritmos ou ciclos, na maioria dos casos, pode ser analisada e definida através de sua litologia, textura, estruturas sedimentares ou fósseis.

A natureza probabilística do problema permite utilizar, na análise, técnicas estatísticas com o objetivo de auxiliar na interpretação do modelo sedimentar. Técnicas estas, que foram aplicadas aos sedimentitos da Formação Rio Bonito na área de Gravataí-Morungava (RS).

Para a análise de uma sequência de estratos deve levar-se em conta que a sucessão vertical obedece a duas tendências principais: determinísticas em que o ambiente sedimentar e a mecânica de transporte determina uma sequência ideal de eventos cumulativos que se repetem ciclicamente e, probabilísticas cujos fatores ambientais são flutuantes e, não possuindo sempre a mesma intensidade, introduzem variações imprevistas na sequência acumulada ideal.

A interação de influências probabilísticas ou aleatórias com as determinísticas modifica o ciclo real, muitas vezes, mascarando grande parte dos aspectos visíveis da ciclicidade.

Aos efeitos probabilísticos somam-se os que se relacionam ao potencial de preservação. Em tais condições, os elementos preservados não correspondem à totalidade dos elementos acumulados, sendo uma certa parte do material erodido antes de ser coberto por outros sedimentos. Nestas circunstâncias, qualquer análise que se elabore através dos elementos preservados não passa de um simples modelo de ciclicidade.

As cadeias Markov de primeira ordem permitem estudar o comportamento de cada litologia com a sua imediata superior ou inferior. As sequências sedimentares que apresentam a propriedade de repetir com uma certa ordem tipos litológicos definidos possuem "memória". As cadeias de Markov de ordem 2,3, etc... servem para analisar as relações entre camadas subjacentes. No entanto, este teste não apresenta aplicação prática em geologia.

Cada elemento litológico, considerado como estrato (dos outros reconhecidos), pode fazer parte da análise. O êxito da mesma depende basicamente dos elementos escolhidos e da frequência relativa de cada um deles. Um elemento fundamental para um ambiente sedimentar hipotético, mas pouco frequente na coluna torna-se de pouca utilidade na análise do problema.

As litologias escolhidas para o estudo podem ser positivas (siltitos laminados, arenitos maciços, conglomerados, sedimentitos vermelhos, varvitos, siltitos pretos, etc.) ou negativas como pulsações e diastemas (BOSSI e PICCOLI, 1978), que implicam em episódios de não deposição ou erosão.

2-METODOLOGIA

Em primeiro lugar devem ser definidos os elementos litológicos ou estruturais importantes para a análise. Uma vez determinados estes elementos característicos, se estabelece, em ordem ascendente, as frequências das transições entre os mesmos.

Dois tipos de amostragem são sugeridos por SELLEY (1970). O primeiro trata de uma análise sistemática usando-se intervalos regulares fixos definidos por uma distância igual ou ligeiramente abaixo da espessura médias das camadas. O segundo, que é o procedimento utilizado no trabalho, consta de uma amostragem de transições reais entre camadas (embedded), tais como ocorrem, sem levar em conta a espessura de cada camada. Neste caso, interessa, apenas, a passagem de uma camada para outra.

O primeiro tipo envolve, geralmente, um certo número de transições multi-episódicas (de uma litologia para si mesma). No segundo, pode-se ou não considerar tais transições. Alguns programas de computação exigem que todas as casas da matriz de transições reais sejam maiores que zero.

O conjunto de transições é registrado em uma tabela de $n \times n$ casas, sendo n o número de elementos diferentes a serem considerados. Como exemplo, a matriz de transições (f_{ij}) da sondagem 5 CA 79 RS:

MATRIZ DE TRANSIÇÕES (f_{ij})

	A	B	C	D	E	F	fj
A	4	1	1	0	0	2	8
B	2	0	0	0	0	1	3
C	1	0	10	0	0	1	12
D	1	0	0	0	2	0	3
E	1	1	0	0	0	0	2
F	0	0	0	3	0	0	3
fi	9	2	11	3	2	4	31

Nesta análise foram considerados seis elementos litológicos diferentes: A, B, C, D, E, F. A primeira casa acima (à esquerda) indica que a camada A, segue 4 vezes A, 1 vez B, 1 vez C, zero vezes D, zero vezes E e 2 vezes F, da mesma forma que B é seguido por 2 camadas A e 1 camada F e nenhuma camada B, C, D e E.

O total de cada coluna dividido pelo total geral (soma de todas as casas) dá a proporção de cada componente. O exemplo, 9/31 de A, 2/31 de B, 11/31 de C , etc... mostra que o componente C é o mais abundante.

O valor de cada casa dividido pelo total da linha dá a probabilidade de ocorrência da transição considerada. O conjunto de valores (p_{ij}) forma a matriz de probabilidades:

MATRIZ DE PROBABILIDADES (p_{ij})
sondagem 5 CA 79 RS

	A	B	C	D	E	F
A	0,50	0,13	0,13	0	0	0,25
B	0,67	0	0	0	0	0,33
C	0,08	0	0,83	0	0	0,08
D	0,33	0	0	0	0,67	0
E	0,50	0,50	0	0	0	0
F	0	0	0	1	0	0

A matriz de combinações independentes (e_{ij}), segundo GINGERICH (1969), define as probabilidades de transições que ocorram, caso não exista memória alguma na sequência (mistura aleatória).

O valor e_{12} para argila sobre siltito (A seguido de B) é:

$$e_{12} = \frac{\text{total de argilito}}{\text{total de camadas não silticas}} = \frac{2}{22} = 0,09$$

O conjunto dos valores e_{ij} compõe a matriz de combinações independentes.

MATRIZ DE COMBINAÇÕES INDEPENDENTES (eij)
sondagem 5 CA 79 RS

	A	B	C	D	E	F
A	0,39	0,09	0,48	0,13	0,09	0,17
B	0,32	0,07	0,39	0,11	0,07	0,14
C	0,47	0,11	0,58	0,16	0,11	0,21
D	0,32	0,07	0,39	0,11	0,07	0,14
E	0,31	0,07	0,38	0,10	0,07	0,14
F	0,32	0,07	0,39	0,11	0,07	0,14

A diferença casa por casa da matriz pij - eij forma a matriz de diferenças composta por valores positivos e negativos (dij):

MATRIZ DE DIFERENÇAS (dij)
sondagem 5 CA 79 RS

	A	B	C	D	E	F
A	0,11	0,04	-0,35	-0,13	-0,09	0,08
B	0,35	-0,07	-0,39	-0,11	-0,07	0,19
C	-0,39	-0,11	0,25	-0,16	-0,11	-0,13
D	0,01	-0,07	-0,39	-0,11	0,60	-0,14
E	0,19	0,43	-0,38	-0,10	-0,07	-0,14
F	-0,32	-0,07	-0,39	0,89	-0,07	-0,14

Os valores positivos são transições que ocorrem mais frequentemente na realidade (matriz de probabilidades) do que se fossem misturadas aleatoriamente (matriz de combinações independentes). Por outro lado, os valores negativos definem litologias contrárias que ocorrem menos vezes do que no caso de mistura aleatória.

Calculada a matriz de diferenças, torna-se necessário demonstrar se a seqüência possui propriedade markoviana, ou seja, se existe alguma influência de certos eventos (litologias ou estruturas) sobre outros que lhe seguem (KRUMBEIN, 1967).

O programa "TESTMARK" sugerido por KRUMBEIN (1967) serviu de base para outro programa "MARKMEN" que incorpora o procedimento de cálculo de GINGERICH (1969), adaptado por BOSSI (1980).

No programa original, o teste de memória aplicando a distribuição "chi-quadrado" (ANDERSON E GOODMAN, 1957) utiliza uma fórmula com logaritmos naturais que não admite a existência de zeros nas casas das matrizes. A variante proposta por GINGERICH (1969) que usa a fórmula original de BILLINGSLEY (1961) não apresenta tal dificuldade. O programa "MARKMEN" utiliza esta última expressão no ensaio de memória.

A fórmula de BILLINGSLEY (1961) para este ensaio é a que segue:

$$\chi^2 = \sum_{ij} (f_{ij} - f_i e_{ij})^2 / f_i e_{ij}$$

fij = valor da casa da linha i na coluna j da matriz de transições reais
fi = frequência dos tipos litológicos (soma das colunas na matriz anterior)
eij = matriz de transições independentes
v = graus de liberdade = número total de transições positivas em eij subtraindo-se o range da matriz (número total de colunas ou linhas)
ex: v = 36-6=30

A hipótese nula diz "as litologias consideradas se sucedem independentemente uma das outras, ou seja "pij = eij". Se o valor tabulado para (exemplo tabela A-6a, DIXON E MASSEY, 1969), é menor que o calculado,

a hipótese é rechaçada e pode ser aceita a existência de uma cadeia markoviana (= com memória).

3-INTERPRETAÇÃO DOS CICLOS

Foram analisados testemunhos de sete sondagens no intervalo que corresponde à Formação Rio Bonito, representada em facies típica para a área de estudo. Nesta, são consideradas típicas as seqüências que contêm carvão ou siltitos pretos.

Os testemunhos de sondagens estudados foram: 7 GT 02 RS, 5 CA 79 RS, 5 CA 80 RS, 5 CA 91 RS, 5 CA 97 RS, 5 CA 98 RS e 5 CA 99 RS, conforme o mapa de localização das sondagens (fig.1).

3.1 Sondagem 5 CA 79 RS (fig.2)

No intervalo correspondente à Formação Rio Bonito (836,60m a 874,59m) definiu-se os seguintes elementos distintos:

A = siltito cinza escuro maciço

B = argilito carbonoso e carvão

C = siltito cinza claro com laminação plano paralela (estampa I, fig.5), marcas de raízes (estampa II, fig.2) e bioturbação (estampa III, fig.2)

D = paraconglomerado com seixos de material carbonoso, granulos de feldspato e areia grosseira e matriz siltica = pedra-areia (estampa I, figs. 2 e 4)

E = pulsação (estampa III, fig.3)

F = diastema (estampa I, fig.1)

Os sedimentitos nesta sondagem podem ser divididos em três grupos A, C e D, por suas propriedades estruturais e texturais. O siltito A associa-se ao carvão e argilito B, formando um conjunto de sedimentação lenta.

Esta sedimentação, definitivamente palustre, com crescimento de vegetação abundante "in situ", gera siltitos com estrutura maciça e perturbação vegetal intensa (estampa II, figs. 3 e 4).

Os siltitos C (estampa I, fig.5, estampa II, fig.2, estampa III, figs. 1 e 2) correspondem ao grupo dos sedimentos acumulados em zonas alagadiças, mas com pouca matéria orgânica. Apresentam estratificação original de baixa energia (plano-paralela e plano irregular), estruturas de bioturbação e perturbação vegetal moderada (raízes, etc...).

O sedimentito D (estampa I, figs. 2 e 4) é formado por material grosseiro com abundante matriz siltica. Foi interpretado como produzido por correntes de alta densidade (SILVA FQ, 1974) e representa o ingresso nos pântanos e áreas alagadas de enxurradas muito densas com material grosseiro granítico de área fonte próxima.

As pulsações (estampa III, fig.3) e diastemas (estampa I, fig.1) foram definidas de acordo com BOSSI E PICCOLI (1978), acompanhando mudanças bruscas das texturas com ou sem superfície irregular no contato.

VALOR CHI-QUADRADO = 94.312, pij ≠ eij a nível de confiabilidade 99,5%.

CICLO IDEAL

INTERPRETAÇÃO

3.1.1 DISCUSSÃO

Este ciclo ideal não pode ser interpretado como tipicamente fluvial, pois o material grosseiro não representa facies de canal e aparece como episódio aleatório, geralmente cortando o desenvolvimento da facies do pantano. O ciclo não é granodecrescente e não apresenta outras evidências de atividade fluvial. Desta forma, define-se como um ciclo palustre modificado por enxurradas espasmodicas das áreas fontes graníticas vizinhas.

3.2 Sondagem 5 CA 91 RS (fig. 3)

Estudou-se o intervalo entre os 538,35 e 609,30 m, reconhecendo-se como eventos distintos os que seguem:

- A = diastema
- B = conglomerado e arenito médio
- C = arenito fino com estratificação cruzada e plano-paralela (estampa II, fig. 1)
- D = siltito cinza claro
- E = siltito cinza escuro
- F = carvão, argilito e siltito preto
- G = pulsação

A diferente ordem das litologias foi introduzida para evitar-se possíveis generalizações com o ciclo anterior.

VALOR CHI-QUADRADO = 432.185, $p_{ij} \neq e_{ij}$ com nível de confiabilidade 99,5%.

3.2.1 DISCUSSÃO

O ciclo é essencialmente similar ao caso anterior, no entanto, a facies de alta energia é de evidente origem fluvial (sedimentitos grosseiros com pouca matriz siltica).

O ciclo representa o desenvolvimento de pântanos sobre canais abandonados. A ocorrência de ambiente pantanoso sobre canais abandonados não exclui a possibilidade de desenvolvimento generalizado de facies palustres em áreas não atingidas pela migração de canais.

3.3 Sondagem 5 CA 98 RS (fig.4)

No intervalo estratigráfico que compreende a Formação Rio Bonito (10,20 a 65,77m) foram definidos os seguintes elementos:

- A = arenito médio esbranquiçado
- B = argilito e siltito cinza escuro com restos de plantas e perturbação vegetal
- C = carvão, siltito e argilito preto maciço
- D = diastema
- E = pedra-areia e brecha siltica maciça
- F = siltito vermelho, púrpura e esverdeado maciço
- G = pulsação

Nesta análise os elementos a combinar foram reconhecidos em ordem diferente dos anteriores e a estes juntou-se o tipo F como litologia distinta no perfil.

VALOR CHI-QUADRADO = 265.129, $p_{ij} \neq e_{ij}$, com nível de confiabilidade 99,5%.

CICLO IDEAL

INTERPRETAÇÃO

3.3.1 DISCUSSÃO

O subciclo interpretado como palustre corresponde exatamente ao definido pela sondagem 5 CA 79 RS. O subciclo fluvial é melhor visualizado do que o da sondagem 5 CA 91 RS, embora mostre sedimentos de planície de inundação mais oxidados e canais fluviais com menor energia. Ambos os subciclos apresentam probabilidades decrescentes acima, a ponto de apresentarem escassa ou nenhuma memória ao fechar em D.

3.4 Sondagem 5 CA 99 RS (fig. 5)

Foi estudado o intervalo estratigráfico entre 229,53 e 271,76m. A amostragem do tipo entre camadas permitiu definir a matriz de transições reais a partir das seguintes litologias distintas:

- A = arenito esbranquiçado e conglomerado
- B = siltito cinza escuro com marcas de raízes e perturbação vegetal
- C = carvão e siltito preto
- D = diastema
- E = pedra-areia
- F = siltito cinza claro com estrutura de bioturbação, estratificação plano-paralela e maciço
- G = siltito vermelho e esverdeado com marcas de raízes e nódulos de pirita (estampa III, fig.5)
- H = pulsação

Os elementos utilizados são os mesmos que os definidos nas outras sondagens, neste caso ocorrem em número de nove.

VALOR CHI-QUADRADO = 582.905, $p_{ij} \neq e_{ij}$ a nível de confiabilidade 99,5%.

CICLO IDEAL

INTERPRETAÇÃO

3.4.1 DISCUSSÃO

Os dois subciclos são de origem fluvial definidos por uma facies palustre, provavelmente originada por canais fluviais abandonados e outra fluvial típica com energia decrescente. A facies da planície de inundação apresenta escassa acumulação de matéria orgânica e, conseqüentemente, carvão. Ambos os casos possuem sedimentação granodecrescente e são similares aos ciclos anteriores. Da mesma forma que no caso anterior, o ciclo apresenta escassa memória para cima ao fechar novamente em D.

3.5 Sondagem 5 CA 80 RS (fig. 6)

Analisou-se a parte do perfil compreendida entre os 345,37 e 378,71m. Os elementos litológicos utilizados foram:
A = arenito fino a médio
B = siltito preto
C = carvão
D = diastema
E = pedra-areia
F = siltito esverdeado e vermelho
G = pulsação
H = siltito cinza
I = brecha intraformacional (estampa I, fig. 3)
VALOR CHI-QUADRADO = 188.738, pij ≠ eij ao nível de confiabilidade 99,5%.

3.5.1 DISCUSSÃO

O ciclo ideal divide-se em dois subciclos que apresentam sedimentação em ambiente com energia decrescente. São similares aos ciclos já analisados: palustre e fluvial. O subciclo eminentemente fluvial inicia com facies de canal, passando a planície de inundação gradativamente, sem a presença de pulsação ou mudança brusca. Ambos os subciclos têm fechamento razoável em D.

3.6 Sondagem 5 CA 97 RS (fig. 7)

Analisou-se o intervalo estratigráfico entre os 48,75 e 90,76m. Os diferentes elementos utilizados para a matriz de transições reais foram os mesmos da sondagem 5 CA 80 RS, devidos às características similares apresentadas. VALOR CHI-QUADRADO = 482.059 - nível de confiabilidade 99,5%.

3.6.1 DISCUSSÃO

Os subciclos de origem fluvial e palustre, típicos dos poços 5 CA 80 RS e 5 CA 98 RS, não estão bem definidos nesta sondagem.

A ocorrência de um subciclo fluvial que inicia com facies de canal de energia mediana (arenito fino a médio) e passa à sedimentação em planície de inundação e/ou canal fluvial abandonado transformado em pântano, não mostra visível independência do subciclo eminentemente palustre que inicia com sedimentitos depositados por correntes de densidade.

3.7 Sondagem 7 GT 02 RS (fig. 8)

Para análise de ciclicidade foram utilizados os mesmos elementos da sondagem 5 CA 80 RS e o intervalo estudado limitou-se entre 321,03 e 297,61m.

VALOR CHI-QUADRADO = 181.460, $p_{ij} \neq e_{ij}$ à nível de confiabilidade 99,5%.

3.7.1 DISCUSSÃO

A sondagem mostra dois subciclos bem definidos: palustre e fluvial. O subciclo fluvial inicia com depósitos de canal e passa, de forma gradativa, a planície de inundação que, por sua vez, gradacionalmente torna-se pântano ocasionado por abandono de canal. É visível um decréscimo de energia no desenvolvimento do ciclo.

O subciclo eminentemente palustre é independente da sedimentação fluvial. O decréscimo de energia do ambiente de sedimentação é também visualizado neste subciclo.

4. CONCLUSÕES

1. Dois ciclos ideais foram reconhecidos: um palustre e outro fluvial, ocorrendo associações entre os mesmos.

2. O ciclo palustre desenvolve-se a partir de um diastema na base, seguindo-se de paraconglomerado (pedra-areia) - pulsação - siltito escuro - carvão - diastema. A presença de paraconglomerado acumulado por correntes de densidade está relacionada com a origem de diastemas e pulsações que precedem a sedimentação palustre (siltitos escuros e carvão) cujos elementos parecem não possuir ordem definida. O aspecto mais comum é a presença de carvão entre camadas de siltito escuro.

3. O ciclo fluvial compreende principalmente: diastema - arenito fino a médio - siltito cinza claro (às vezes verde e avermelhado) - diastema.

A ocorrência de conglomerados junto aos arenitos é escassa. A passagem de arenito a siltito dá-se, por vezes, através de pulsação e por outras, gradacionalmente.

O ciclo fluvial está aparentemente reduzido e mostra sedimentitos originados em ambiente de canal (base) e planície de inundação (topo).

Na parte superior do ciclo, muitas vezes, ocorrem sedimentitos palustres (siltito escuro e carvão) com origem em canais abandonados.

4. A sedimentação da Formação Rio Bonito na área estudada apresenta propriedades markovianas definidas. No entanto, em alguns casos a memória decresce progressivamente até zero no fechamento do ciclo para a litologia inicial (sondagens 5 CA 97 RS, 5 CA 98 RS, 5 CA 99 RS) do ciclo palustre. A mínima energia mecânica do ambiente palustre reduz a capacidade de memória do sistema e incrementa o efeito de fatores probabilísticos.

5. BIBLIOGRAFIA CONSULTADA

- ANDERSON, T.W. & GOODMAN, L.A. 1957. Statistical inference about markov chains. *Annals of Mathematical Statistical*. Ann Arbor, 28:89-110.
- BILLINGSLEY, P. 1961. Statistical methods in Markov Chains. *Annals of Mathematical Statistical*, Ann Arbor, 32:12-40.
- BOSSI, G.E. 1980. Programa Markov teste em Fortran IV para análise de ciclicidade. In: BORTOLUZZI, Carlos Alfredo et alii. *Relatório do estudo geológico integrado das jazidas de carvão dos Estados do Rio Grande do Sul e Santa Catarina*. Porto Alegre, Curso de Pós-Graduação em Geociências. Inédito.
- & PICOLLI, A.E.M. 1978. Análise de sequências sedimentares, Formação Rio Bonito, Bacia Carbonífera de Santa Catarina. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 30., Recife. *Anais...* Recife, Sociedade Brasileira de Geologia. v.2, p.743-57.
- DIXON, W.J. & MASSEY, F.J. 1969. *Introduction to Statistical analysis*. 3.ed. New York, MacGraw Hill. 638p.
- KRUMBEIN, W.C. 1967. Fortran IV computer programs for Markov Chain experiments in Geology. *Computer Contributions, University of Kansas*, Kansas, 13.
- SELLEY, R.C. 1970. Studies of sequence in sediments using a simple mathematical device. *Quarterly Journal of Geological Society of London*, London, 125: 557-81.
- 1978. *Ancient sedimentary environments*. 2.3d. London, Science Paperbacks. 287p.
- SILVA FILHO, Breno C. 1974. Discordância entre o sub-grupo Itararé e a Formação Rio Bonito no Estado do Rio Grande do Sul. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 28., Porto Alegre. *Anais...* Porto Alegre, Sociedade Brasileira de Geologia, v.2, p. 59-67.

LEGENDA

TEXTURAS

	BRECHA
	CONGLOMERADO
	ARENITO GROSSEIRO
	ARENITO MÉDIO
	ARENITO FINO
	SILTITO
	ARGILITO
	CARVÃO
	DIAMICTITO
	INTRACLASTOS
	ARENITO CALCÍFERO
	MARGA
	CALCÁRIO
	CHERT
	GIPSITA

CONTATOS

	DISCORDÂNCIA
	DIATEMA
	PULSAÇÃO
	PLANO VISÍVEL
	PLANO DISCERNÍVEL
	PLANO TRANSICIONAL (+10 cm)
	PLANO TRANSICIONAL (-10 cm)
	ONDULADO
	IRREGULAR CONTÍNUO
	IRREGULAR DESCONTÍNUO

ESTRUTURAS

	ESTRATIFICAÇÃO PLANO-IRREGULAR
	ESTRATIFICAÇÃO PLANO-PARALELA MARCADA
	ESTRATIFICAÇÃO PLANO-PARALELA POUCO VISÍVEL
	ESTRATIFICAÇÃO MOSQUEADA
	ESTRATIFICAÇÃO CRUZADA ACANALADA
	ESTRATIFICAÇÃO CRUZADA TABULAR
	ESTRATIFICAÇÃO LENTICULAR
	ESTRATIFICAÇÃO FLASER
	ESTRATIFICAÇÃO WAVY
	ARENITO / SILTITO INTERLAMINADO
	MACIÇO
	ALGAS
	RAÍZES
	CONCREÇÕES E NÓDULOS
	BIOTURBAÇÃO ANIMAL
	CONCHAS
	FÓSSEIS VEGETAIS IDENTIFICÁVEIS
	FÓSSEIS VEGETAIS NÃO IDENTIFICÁVEIS
	PERTURBAÇÃO VEGETAL
	ESTRUTURAS DESLIZAMENTO - 1 a 6 CONFORME TABELA DE CÓDIGOS
	PREENCHIMENTO DE FRATURAS
	ESTILOLITO

5 CA-79-RS

FIG. - 2

5 CA - 91 - RS

FIG. - 3

5 CA - 98 - RS

FIG - 4

CICLO IDEAL

5 CA 99 RS

FIGURA - 5

5 CA - 80 - RS

FIG. - 6

5 CA - 97 - RS

FIG. - 7

CICLO IDEAL

7 GT-02-RS

FIG.- 8

E S T A M P A I

- Fig. 1 - diastema
sondagem 5 CA 79 RS
848 m
- Fig. 2 - pedra-areia
sondagem 5 CA 79 RS
874 m
- Fig. 3 - brecha intraformacional
sondagem 5 CA 80 RS
366 m
- Fig. 4 - pedra-areia
sondagem 5 CA 97 RS
86,30 m
- Fig. 5 - laminação plano-paralela
sondagem 5 CA 79 RS
867 m

E S T A M P A I I

Fig. 1 - laminação cruzada
estruturas de deslizamento
sondagem 5 CA 91 RS
566 m

Fig. 2 - siltito maciço com marcas de raízes
sondagem 5 CA 79 RS
848,50 m

Figs. 3 e 4 - siltito maciço com perturbação
vegetal intensa
sondagem 5 CA 79 RS
873 m

E S T A M P A I I I

Fig. 1 - laminação plano-irregular
estruturas de bioturbação
sondagem 5 CA 79 RS
851 m

Fig. 2 - laminação plano-paralela com
intensa bioturbação
sondagem 5 CA 79 RS
868 m

Fig. 3 - pulsação
sondagem 5 CA 79 RS
872,20 m

Fig. 4 - siltito escuro com bioturbação
sondagem 5 CA 79 RS
868,50 m

Fig. 5 - nódulos de pirita
sondagem 5 CA 99 RS
235,70 m

1

3

2

4

5