PETROLOGIA DO GRUPO SERIDÓ; CURRAIS NOVOS - PARELHAS (RN)

THEODOMIRO GAMA JÚNIOR*
CARLOS ALBERTO RIBEIRO DE ALBUQUERQUE*

ABSTRACT This work deals with the metamorphism of the Seridó schists in the region Currais Novos-Parelhas, of the Seridó schist belt. The study involved the petrography of the rocks, the chemistry of rocks and selected minerals and the application of geothermometers and geobarometers. The pressure and temperature of crystallization can be estimated at approximately 4.5 kb and 560°C, respectively. The occurrence of staurolite in metasedimentary assemblages defines metamorphic conditions of the amphibolite facies. Garnet, with about 70% of the almandine molecule and 15% of the spessartite molecule, coexists with cordierite and andalusite (or sillimanite). Therefore, the metamorphism is of the low-to-intermediate pressure type. The grade of metamorphism is almost constant in the region studied, without evidence of retrograde metamorphism. The conditions of metamorphism of this part of the Seridó schist belt can be compared to those of the Abukuma belt of Japan. The metasedimentary rocks were derived from sediments dominantly with a composition corresponding to a mixture of pelite and greywacke.

INTRODUÇÃO A faixa de dobramentos Seridó compõe um domínio da Região de Dobramentos do Nordeste, de idade Pré-Cambriano Superior (Ciclo Brasileiro) (Almeida *et al.* 1976) ou "Província Borborema" (Almeida *et al.* 1977). De um modo geral, têm sido reconhecidas, nas faixas de dobramentos do Nordeste brasileiro, uma sequência terrígena inferior (psamítica), sobreposta por rochas carbonatadas e algumas detríticas, acima das quais se encontra uma nova sequência terrígena de natureza pelítica (Almeida *et al.* 1976). Estas sequências teriam sido envolvidas em pelo menos um episódio de dobramentos e submetidas a metamorfismo regional, reconhecido por Mello & Mello (1972, 1974) como sendo do tipo de pressão baixa a média. Apesar de vários trabalhos tratarem da geologia da faixa de dobramentos Seridó e seu embasamento, a ênfase foi mais em estudos de natureza estratigráfica e estrutural (Ebert 1970, Neves 1975, Sá 1978), tendo o metamorfismo que a afetou sido tratado em mais detalhes apenas por Mello & Mello (1972, 1974). Segundo estes autores, o metamorfismo regional na área da faixa de dobramentos Seridó varia do fácies xisto-verde ao fácies cordierita anfibolito, com o grau metamórfico crescendo de oeste para leste (Mello & Mello 1974), tendo sido feita ainda uma analogia desta faixa com a evolução de um geossinclinal "clássico".

Outros trabalhos procuraram relacionar as fases de dobramento ao metamorfismo aparentemente de grau variável, com base em análise geométrica das estruturas e petrografia (Sá 1978, Salim *et al.* 1979, Legrand & Salim 1980), tendo sido proposto um modelo de evolução polimetamórfica.

Este trabalho tem como objetivo definir melhor os tipos litológicos pré-metamórficos dos micaxistos e rochas cálcio-silicáticas do Grupo/Formação Seridó, a partir das paragêneses e do quimismo das rochas; inferir as condições de temperatura e pressão de metamorfismo através das associações mineralógicas e geotermometria, além de estudar a distribuição regional de fácies de metamorfismo e identificar e definir a possível ocorrência de mais de um evento metamórfico. Este estudo incidiu sobre parte da área "tipo" do

Grupo Seridó, na região de Currais Novos-Parelhas (RN) (Fig. 1).

Figura 1 – Região de dobramentos nordeste e localização da área. Fonte: Neves (1975), Almeida *et al.* (1976).

GEOLOGIA REGIONAL Na região estudada ocorrem predominantemente metassedimentos do Grupo/Formação Seridó, sendo esta faixa delimitada tanto a leste como a oeste por embasamento gnáissico, considerado por Neves

* Departamento de Geoquímica e Petrologia, Universidade Federal do Pará, Cx. Postal 1611, CEP 66000, Belém, PA, Brasil.

Quadro 1 – Coluna litoestratigráfica da região do Seridó (RN), modificado de Neves (1975) e Legrand & Salim (1980).

IDADE	UNIDADE	ROCHAS
PROTEROZOICO MÉDIO A INFERIOR (Sá 1978) PROTEROZOICO MÉDIO A SUPERIOR (Neves 1978)	GRUPO SERIDÓ (Moraes 1924)	Xistos aluminosos – Metagravuras – Mármore e cálcio-silicáticas – Anfibolitos – Quartzitos
	DISCORDÂNCIA (?)	
	GRUPO JUCURUTU (Ferreira 1967, 1968)	Moscovita quartzitos e moscovita-quartzo xistos – Biotita xistos – Quartzitos ferruginosos – Metaconglomerados – Mármore e cálcio-silicáticas
ARQUEANO (Neves 1975)	GRUPO (COMPLEXO) CAICÓ (Meunier 1964; Ferreira 1967, 1968)	Gnaisses – Ortognaisses de composição tonalítica
	GRUPO S. VICENTE (Ebert 1967, 1970)	Complexos magmáticos – Metabasitos – Granitóides deformados
	DISCORDÂNCIA TECTÔNICA	Representada por uma fase de deformações no embasamento (Sá 1978)

(1975) como maciços medianos. Neste embasamento está representado o Complexo Caicó (Meunier 1964, *in* Ferreira 1967) ou Grupo Caicó (Ferreira 1968). Um quadro estratigráfico da região é apresentado no Quadro 1.

Apesar do grande número de trabalhos de datação isotópica das rochas gnáissicas do Complexo Caicó, há ainda sérias dúvidas quanto às idades de intrusão ou sedimentação e à própria evolução destas rochas. Assim, Neves *et al.* (1975) obtiveram idades atingindo 2.700 Ma, enquanto são freqüentes idades radiométricas indicando um importante evento Transamazônico (cerca de 2.000 Ma) (Almeida *et al.* 1968).

Tanto os metassedimentos do Grupo Seridó como os gnaisses do embasamento foram afetados por metamorfismo regional no ciclo Brasileiro (cerca de 600-500 Ma) (Almeida *et al.* 1968, Neves 1975, Neves *et al.* 1975).

Também no que se refere à estratigrafia do Grupo Seridó há ainda controvérsia, assim como quanto à própria definição das unidades inferiores a este Grupo, tendo Sá (1984) apresentado uma avaliação de situação. Por exemplo, a deposição dos sedimentos do Grupo Seridó é considerada como tendo ocorrido no Proterozóico Médio a Superior (1.100 Ma) por Neves (1978); Sá (1984), por outro lado, considera que ela teria ocorrido no Proterozóico Inferior a Médio.

Apesar das diferenças de nomenclatura existentes na literatura quanto ao Grupo Seridó, a Formação Seridó tem sido descrita como sendo caracteristicamente constituída por micaxistos e filitos, com lentes calcáreas ou cálcio-silicáticas (Ebert 1970).

Deformação e metamorfismo do Ciclo Brasileiro afetaram a Formação Seridó (Almeida *et al.* 1976). Segundo

Mello & Mello (1974), o grau de metamorfismo na região de Seridó aumenta de oeste para leste, passando de filitos no fácies xisto-verde a micaxistos no fácies anfibólito. Foi ainda reconhecido que o tipo de metamorfismo na área é de baixa a média pressão.

PETROGRAFIA - Micaxistos Os xistos da Formação Seridó, de composição variando de micaxistos a xistos feldspáticos, apresentam uma textura lepidó-granoblástica, com orientação dada pelas micas. As associações minerais registradas com mais freqüência são indicadas na Tabela 1.

Tabela 1 – Paragêneses mais freqüentes nos micaxistos Seridó

Nota: ± ocorrência de mineral em apenas algumas rochas

Paragêneses	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X
Mineral										
Quartzo	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
Oligoclásio	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
Biotita	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
Moscovita	–	x	x	±	–	x	–	±	x	x
Clorita	–	–	±	x	x	x	x	±	x	x
Estaurolita	–	x	x	–	–	–	–	–	x	–
Granada	–	x	x	x	–	x	x	–	x	x
Cordierita	–	–	x	x	x	–	–	x	–	x
Andaluzita	–	–	–	–	x	x	–	–	–	–
Sillimanita	–	–	–	–	–	–	–	–	x	x

O quartzo e o plagioclásio (An_{25}) formam pequenos cristais anédricos, sendo a biotita, a mica mais abundante. Apresenta pleocroísmo Z, Y-castanho ou marrom avermelhado, X-amarelo pálido. Geralmente define a xistosidade

na rocha; no entanto, pode também ocorrer em cristais com tendência a formar porfiroblastos orientados perpendicularmente à xistosidade.

A moscovita e a clorita (Z, Y-verde claro, X-incolor) também estão orientadas. Ocorrem intercrescimentos de clorita e moscovita ou biotita, indicando a natureza primária da clorita, isto é, equilíbrio de cristalização entre a clorita e os outros minerais da rocha.

A estauroлита, com típico pleocroísmo Z-amarelo dourado, Y-amarelo, X-amarelo pálido, aparece como porfiroblastos de tendência euédrica e contém inclusões numerosas, principalmente de quartzo e minerais opacos, que mostram alinhamento concordante com a xistosidade da rocha. A cordierita forma cristais freqüentemente poquibolísticos, englobando vários outros minerais da rocha.

A granada aparece como cristais euédricos ou, raramente, alongados. Às vezes apresenta inclusões de opacos em forma de "S" acompanhando a xistosidade. A andaluzita forma cristais irregulares a sillimanita é subédrica ou do tipo fibrolita. A turmalina é um acessório comum, ocorrendo ainda apatita zircão e minerais opacos.

Rochas cálcio-silicáticas Estas rochas ocorrem como intercalações nos micaxistos e há uma variação acentuada na sua mineralogia, desde rochas carbonáticas quase puras até associações mais complexas, como por exemplo: 1) diopsídio-escapolita; 2) quartzo-plagioclásio-cummingtonita-hornblenda; 3) quartzo-plagioclásio-granada-diopsídio-hornblenda-escapolita-epídoto; 4) diopsídio-calcita-granada-titanita.

O plagioclásio é de composição variável nestas rochas, desde oligoclásio cálcico até labradorita cálcica. A granada, de cor amarelo pálido, é do tipo grossularita.

É possível que, em parte, intercalações de cálcio-silicáticas possam pertencer a outra unidade estratigráfica e não à Formação Seridó. Nesse caso seriam correlacionáveis à Formação Quixaba (Ebert 1970) ou à Formação Jucurutu (Sá, 1984).

QUIMISMO - Quimismo das rochas As análises químicas de rocha total foram realizadas pelo método da espectrometria de fluorescência de raios-X, a exceção dos elementos Na, Mg e Mn, analisados por absorção atômica.

As composições químicas das rochas estudadas (Tabelas 2, 3 e 4) foram plotadas em diagramas ACF e A'KF (Winkler 1976) (figs. 2 e 3), para comparação com outras rochas.

De acordo com as observações petrográficas, as análises químicas dos micaxistos (Tabela 2) confirmaram um quimismo de natureza predominantemente pelítica, mas freqüentemente também ocorrem rochas com uma composição de transição para grauvascas, além daquelas derivadas de grauvascas (Tabela 4).

O intercamamento observado sugere uma provável origem a partir de uma seqüência sedimentar tipo *flysch* para os micaxistos Seridó.

As composições químicas das rochas cálcio-silicáticas (Tab. 3) indicam que as rochas que lhes deram origem tinham, em geral, uma composição carbonática bastante impura.

Quimismo dos minerais Análises químicas de granada, cordierita e plagioclásio foram realizadas em várias rochas, por microsonda eletrônica. Com tais resultados, é possível uma melhor definição das condições de pressão e tempera-

Tabela 2 - Análises químicas de rochas pelíticas da região Currais Novos-Parelhas:

	225	215	46	261	118	267a	264	256	216	217
SiO ₂	60,60	63,26	69,97	59,75	69,19	63,44	65,04	63,91	58,99	65,75
TiO ₂	0,97	0,89	0,79	0,85	0,74	0,92	0,95	0,90	0,80	0,77
Al ₂ O ₃	18,04	16,32	12,81	19,48	15,49	17,86	15,17	16,86	18,59	15,40
Fe ₂ O ₃	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
FeOT	7,80	7,00	5,22	8,75	3,53	6,96	5,92	6,20	8,55	2,83
MnO	0,20	0,14	0,16	0,22	0,10	0,18	0,14	0,12	0,19	0,10
MgO	4,47	3,45	2,56	4,36	2,19	3,93	3,37	2,96	4,89	3,07
CaO	1,75	1,96	2,04	0,87	1,53	2,16	2,98	2,61	2,52	4,33
Na ₂ O	2,23	2,92	2,92	1,46	3,27	1,93	3,04	3,46	1,73	3,54
K ₂ O	2,70	2,71	2,00	2,46	2,40	2,21	2,44	2,57	2,58	1,88
P ₂ O ₅	0,25	0,18	0,22	0,13	0,21	0,20	0,20	0,20	0,16	1,03
TOTAL	99,01	98,83	98,69	98,33	98,65	99,79	99,25	99,79	99,00	98,70

Nota: (225) - quartzo-plagioclásio-biotita-moscovita-clorita-granada-andaluzita-fibrolita xisto; (215) - quartzo-plagioclásio-biotita filonito; (46) - quartzo-plagioclásio-biotita-granada xisto; (261) - quartzo-plagioclásio-biotita-moscovita-clorita-cordierita, andaluzita-fibrolita xisto (118) - quartzo-plagioclásio-biotita-moscovita-granada-estauroлита filonito; (267a) - quartzo-plagioclásio-biotita-moscovita-clorita-cordierita-granada-fibrolita xisto; (264) - quartzo-plagioclásio-granada xisto; (256) - quartzo-plagioclásio-biotita-moscovita-clorita-cordierita-granada xisto; (216) - quartzo-plagioclásio-biotita-moscovita-clorita-cordierita-granada-estauroлита xisto; (217) - quartzo-plagioclásio-biotita-moscovita-clorita-cordierita-granada xisto.

Tabela 3 - Análises químicas de rochas cálcio-silicáticas das regiões de Currais Novos-Parelhas

	61	201	106	33	1
SiO ₂	68,00	71,12	55,00	67,57	67,23
TiO ₂	0,59	0,88	0,64	0,75	0,83
Al ₂ O ₃	15,47	12,09	15,32	13,60	10,24
Fe ₂ O ₃	—	—	—	—	—
FeOT	4,00	4,60	6,50	5,40	3,84
MnO	0,66	0,12	0,68	0,24	0,28
MgO	2,11	2,08	2,96	2,46	2,00
CaO	8,00	5,10	17,67	6,22	13,92
Na ₂ O	0,73	1,50	0,42	1,89	0,40
K ₂ O	0,20	2,25	0,16	0,38	0,25
P ₂ O ₅	0,32	0,18	0,18	0,18	0,22
TOTAL	100,08	99,92	99,54	98,69	99,21

Nota (61) - quartzo-plagioclásio-granada-cummingtonita; (201) - quartzo-plagioclásio-hornblenda-cummingtonita; (106) - quartzo-plagioclásio-diopsídio-epídoto; (33) - quartzo-plagioclásio-hornblenda-cummingtonita; (1) - quartzo-plagioclásio-hornblenda-cummingtonita;

tura do metamorfismo por aplicação de geobarômetros e geotermômetros; é também possível estudar a existência ou não de zoneamento em cristais de um mesmo mineral, o que é de especial interesse no caso da granada.

Algumas das análises obtidas são apresentadas nas Tabelas 5, 6, e 7, para granada, cordierita e plagioclásio, respectivamente.

A composição da granada (Tabela 5) indica tratar-se de almandina (até 70%), com teores apenas moderados das moléculas de espessartita (14-11%) e de piropo (13-12%), e muito baixos de grossularita (4,3-2,5%). Não foi identificado zoneamento nas granadas analisadas, já que a variação observada na granada da amostra 216 é muito pequena, não excedendo 3,5% (dos componentes moleculares) entre a

Tabela 4 - Médias de análises químicas de rochas sedimentares e metamórficas

	1	2	3	4	5	6
SiO ₂	63,99	65,78	64,3	59,93	66,7	62,8
TiO ₂	0,86	0,74	1,0	0,85	0,6	0,7
Al ₂ O ₃	16,60	13,34	17,5	16,62	13,5	15,1
Fe ₂ O ₃	—	—	2,1	3,03	—	—
FeO	6,28 _T	4,85 _T	4,6	3,18	4,95 _T	5,6 _T
MnO	0,16	0,40	0,1	—	—	—
MgO	3,53	2,32	2,7	2,63	2,1	2,35
CaO	2,28	10,18	1,9	2,18	2,5	2,35
Na ₂ O	2,65	0,99	1,9	1,73	2,9	2,25
K ₂ O	2,40	0,65	3,7	3,54	2,0	2,8
P ₂ O ₅	0,28	0,22	0,2	—	—	—
TOTAL	99,03	99,47	100,00	93,69	95,25	93,95

Nota: 1 e 2 - rochas metapelíticas e cálcio-silicáticas da região de Currais Novos-Parelhas, respectivamente; 3) micaxistos (Myashiro 1975); 4) argilas, folhelhos e ardósias (Miyashiro 1975); 5) grauvascas (Wedepohl 1969); 6) grauvascas e pelitos (1:1) (Wedepohl 1969).

Figura 2 - Diagramas ACF e A'KF das rochas pelíticas e cálcio-silicáticas da região de Currais Novos-Parelhas (RN) e campos de várias unidades rochosas (Winkler, 1976).

M - Micaxistos Seridó

C - Rochas cálcio-silicáticas do Seridó

IA - Argilas ricas em Al e folhelhos

IB - Argilas e folhelhos sem carbonato ou contendo até 35% de carbonato. Entre as flechas, margas, contendo 35-65% de carbonato.

II - Grauvascas

III - Granito e granodiorito

IV - Rochas basálticas e andesíticas

Tabela 5 - Composição química da granada dos micaxistos Seridó, obtida por microsonda eletrônica.

	216			41		
	Centro	Intermédia	Periferia	Centro	Intermédia	Periferia
SiO ₂	36,66	36,50	36,42	36,56	36,57	36,67
TiO ₂	0,04	0,05	0,05	0,06	0,04	0,04
Al ₂ O ₃	20,80	20,90	20,91	21,11	21,21	21,31
FeO	29,87	30,37	30,68	32,36	32,45	32,55
MnO	6,09	5,24	4,57	5,86	5,92	5,96
MgO	2,93	3,02	3,09	3,11	3,05	3,12
CaO	1,48	1,45	1,44	0,99	0,99	1,00
TOTAL	97,87	97,53	97,26	100,05	100,23	100,65
NÚMERO DE ÍONS NA BASE DE 24 OXIGÊNIOS						
Si	6,015	6,000	6,000	5,915	5,910	5,902
Al	4,021	4,049	4,059	4,026	4,040	4,043
Ti	0,005	0,006	0,006	0,007	0,005	0,005
Fe ²⁺	4,099	4,176	4,226	4,379	4,387	4,381
Mn	0,846	0,729	0,652	0,803	0,810	0,812
Mg	0,716	0,741	0,758	0,750	0,734	0,749
Ca	0,260	0,256	0,255	0,171	0,171	0,172
Fe ²⁺ /Fe ²⁺ + Mg	0,85	0,85	0,85	0,85	0,86	0,85
PERCENTAGEM DE COMPONENTES MOLECULARES						
Almandina	69,2	70,8	71,7	71,7	71,9	71,7
Andradita	0,1	0,2	0,1	0,2	0,1	0,1
Piropo	12,1	12,6	12,9	12,3	12,0	12,3
Espessartita	14,3	12,3	11,1	13,2	13,3	13,3
Grossularita	4,3	4,2	4,2	2,6	2,7	2,7

Nota: Ferro total calculado como FeO

Figura 3 — Composições químicas das rochas pelíticas e cálcio-silicáticas do Seridó e de várias rochas metamórficas e sedimentares projetadas em diagramas ACF e A'KF.

Cruzes - micaxistos Seridó

Triângulos - Rochas cálcio-silicáticas Seridó

Círculos numerados - Médias das análises da Tabela 4.

composição do núcleo e da periferia do cristal. Esta ligeira variação traduz-se num aumento da molécula de almandina e correspondente decréscimo da molécula de espessartita do núcleo para a periferia do cristal.

As análises químicas da cordierita (Tabela 6) indicam variações muito limitadas na sua composição, com teores moderados de ferro (8-9% FeOt), enquanto a composição do plagioclásio é praticamente constante nos micaxistos (An 25-26) (Tabela 7).

Tabela 6 - Composição química da cordierita dos micaxistos Seridó, obtida por microsonda eletrônica.

Nota: Ferro total calculado como FeO.

	216	41	67
SiO ₂	49,63	48,19	49,65
TiO ₂	0,04	0,03	—
Al ₂ O ₃	30,15	32,28	29,82
FeO	8,00	8,92	8,36
MnO	0,28	0,39	0,48
MgO	8,38	8,06	8,25
CaO	0,02	0,04	0,05
Na ₂ O	0,31	0,27	—
TOTAL	96,81	98,18	96,61

* NÚMERO DE ÍONS NA BASE DE 18 OXIGÊNIOS

Si	5,183	4,996	5,203
Al	0,817	1,004	0,797
Al	2,894	2,940	2,886
Ti	0,003	0,002	—
Fe ²⁺	0,699	0,773	0,733
Mn	0,025	0,034	0,043
Mg	1,304	1,246	1,288
Ca	0,003	0,004	0,005
Na	0,062	0,054	—
Z	6,00	6,00	6,00
Y	2,90	2,94	2,89
X	2,09	2,11	2,07
Fe ²⁺ /Fe ²⁺ + Mg	0,35	0,38	0,36

Tabela 7 - Médias da composição química do plagioclásio dos micaxistos Seridó (em termos de anortita, albita e ortoclásio), obtidas por microsonda eletrônica.

AMOSTRAS	215	246	41
An	26,3	24,8	25,4
Or	0,6	0,5	0,5
An	73,1	74,7	74,1

GEOTERMOMETRIA Além das inferências sobre as condições de temperatura e pressão de metamorfismo que podem ser obtidas a partir das paragêneses minerais, a aplicação de geotermômetros e geobarômetros permite uma definição mais precisa dos valores daquelas condições.

O par granada-cordierita tem sido extensivamente utilizado a partir de dados experimentais (Currie 1971, Thompson 1976). Por outro lado, serão consideradas as evidências obtidas a partir da ocorrência de estaurolita, clorita, andaluzita, sillimanita, moscovita e oligoclásio cálcico.

O geotermômetro granada-cordierita é baseado na distribuição de Fe e Mg nestes minerais, isto é, basicamente no coeficiente de distribuição (KD) para este par mineral. Assim, vários trabalhos se referem a este geotermômetro: Hensen & Green (1971, 1972, 1973) Currie (1971, 1974), Hutcheon *et al.* (1974), Thompson (1976) e Holdaway & Lee (1977). Segundo esses trabalhos, há ainda grandes variações na relação de KD com os valores de temperatura e pressão. Foram selecionadas as calibrações do geotermômetro por Currie (1971) e Thompson (1976), uma vez que as outras investigações se referem a graus de metamorfismo bem mais elevados do que aquele que atingiu a área em estudo.

No trabalho de Currie (1971) as associações minerais analisadas (granada-cordierita em equilíbrio com biotita, andaluzita ou sillimanita), da região de Opinicon Lake, Ontário, são semelhantes às registradas na região de Currais Novos-Parelhas. Porém os valores de temperatura obtidos a partir desta calibragem são demasiado altos (~800°C) para a área em questão, quando comparados com outras evidências (ex., ocorrência de estaurolita ou moscovita). Esta discrepância pode ser devida a problemas de calibragem do geotermômetro para valores da razão (Fe/Fe+Mg) da granada superiores a 0,70, uma vez que, nas granadas de Opinicon Lake, estas razões são inferiores a 0,70, enquanto que nas granadas do micaxisto Seridó são da ordem de 0,85.

A partir da calibragem de Thompson (1976) obtém-se uma temperatura de 560°C, compatível com outros dados, como a ocorrência de estaurolita e clorita primária indicando temperatura do início do fácies anfibólito. Por outro lado, o valor da pressão obtido pelo mesmo método (geobarômetro), em torno de 6 kb, é muito elevado, comparado com a estimativa feita a partir de outras evidências (< 5 kb, ex. presença de andaluzita), como será discutido no item **Metamorfismo**. Isto pode ser devido à necessidade de se fazer uma extrapolação a partir da calibragem que é válida para associações contendo sillimanita.

METAMORFISMO Os dados geológicos e geoquímicos ora disponíveis sobre os micaxistos Seridó, que fazem parte

das cidades de Cruzeta, Jardim do Seridó, nos permite afirmar que o zoneamento metamórfico definido por Mello & Mello (1972, 1974) — envolvendo fácies xisto-verde (que seria representado por filitos, cuja associação mineral é constituída por clorita + biotita + granada + quartzo $\pm$ plagioclásio) e o fácies cordierita anfibolito, com acréscimo do grau metamórfico de oeste para leste — não tem apoio nas nossas observações. Admitimos que o metamorfismo regional foi uniforme (fácies anfibolito baixo, possivelmente até médio, do tipo pressão baixa a média) para toda a extensão da região de Currais Novos-Parelhas, compreendida entre áreas de embasamento representado pelo Grupo Caicó. Também não foi identificada (tanto por análises petrográficas, por ex., desestabilização de biotita em clorita, quanto por microsonda eletrônica) qualquer evidência de um evento retrometamórfico regional, passando do fácies anfibolito para o fácies xisto-verde. Por outro lado, foram observadas em zonas de cisalhamento (como, por exemplo, próximo às cidades de Cruzeta, Jardim do Seridó e São José do Seridó) rochas de granulação fina, apresentando normalmente *kink bands*, laminação ou bandamento composicional resultante de diferenciação metamórfica cataclástica (Higgins 1971), e contendo em sua mineralogia porfiroblastos reliquias de granada e estaurolita (euédricos), bem como oligoclásio (An_2), pertencentes, portanto, ao fácies anfibolito. Essas rochas foram classificadas como *filonitos*, ao invés de *filitos*, conforme haviam sido designadas em vários trabalhos anteriores (Mello & Mello 1972, 1974; Neves 1975).

As paragéneses minerais, as condições de temperatura e pressão estimadas para o metamorfismo regional e a composição química da granada (predomínio da almandina — 69% a 72%, com 14% de molécula de espessartita) levam-nos a correlacionar o tipo de metamorfismo regional da área estudada ao que foi registrado no cinturão Abukuma-Ryoke, Japão (Miyashiro 1961, 1975).

As relações entre metamorfismo e deformação foram estudadas a partir das estruturas das rochas e das texturas e relações entre minerais observadas em lâmina delgada, tendo os resultados sido publicados (Gama Jr. & Albuquerque 1979). As observações indicam a existência de fases de deformações aparentemente de um mesmo episódio tectono-metamórfico (do Brasileiro), já que não foram encontradas evidências de eventos anteriores.

Conclusões semelhantes são apresentadas por Minnigh & Hackspacher (1979), embora outros investigadores sejam de opinião que a região teria sido afetada pelo menos por um evento mais antigo (Sá 1984), tendo Salim *et al.* (1979) interpretado a evolução geológica como consistindo de três eventos tectono-metamórficos. Contudo, o segundo evento (M_2) destes autores seria de retrometamorfismo, a partir do fácies anfibolito anterior (M_1) para o fácies xisto-verde (M_2). As nossas observações, contudo, levam-nos a concluir pela não existência de metamorfismo regional retrógrado — por exemplo, ocorrência de clorita primária ou formação de filonitos onde o plagioclásio é oligoclásio (An_2) reliquiar. Ebert (1970) já coloca em dúvida a existência de metamorfismo retrógrado, referindo-se à ocorrência de metamorfismo de contato ou hidrotermalismo, ou então de formação de milonitos, como os processos responsáveis pelo aparecimento de — aparentemente — fácies xisto-verde.

A granada não apresenta zoneamento indicando condições de crescimento estáveis, essencialmente sin a pós-tectô-

nico; minerais como estaurolita e cordierita também apresentam crescimento pós-tectônico (Gama Jr. & Albuquerque 1979), indicando metamorfismo com temperaturas crescentes. Não há evidências de desestabilização desses minerais, uma vez que a clorita é primária e não foram identificados minerais não compatíveis com o fácies anfibolito.

Assim, as nossas conclusões são de identificação, para a Formação Seridó, de um único evento tectono-metamórfico, que, de acordo com as datações radiométricas, é de Idade Brasileira.

CONCLUSÕES Considerando os dados geológicos, petrológicos e geoquímicos aqui discutidos, podem ser tiradas algumas conclusões sobre a evolução geológica e metamórfica da região de Currais Novos-Parelhas. Assim, as rochas metamórficas da Formação Seridó são derivadas quase exclusivamente de rochas sedimentares, de natureza pelítica e grauvascas, estando termos intermediários representados por xistos feldspáticos; as rochas cálcio-silicáticas, pela sua mineralogia e quimismo, são produtos de metamorfismo de rochas sedimentares da composição carbonática impura, podendo algumas destas pertencer a uma formação estratigraficamente inferior à Formação Seridó.

A análise da ocorrência das associações mineralógicas contendo granada, cordierita, estaurolita, andaluzita, sillimanita, oligoclásio (An_2) e clorita nas rochas pelíticas, leva a definir o metamorfismo como do tipo de pressão média a baixa, e do fácies anfibolito baixo. Isto foi confirmado pela utilização do geotermômetro granada-cordierita, que forneceu uma temperatura de 560°C, portanto, indicando também o fácies anfibolito baixo. Pode, no entanto, localmente, ser atingido o fácies anfibolito médio, uma vez que a sillimanita é encontrada em algumas paragéneses. Já a pressão é mais difícil de definir, mas pode-se deduzir que seria inferior a 5 kb, embora provavelmente não muito inferior a este valor, na faixa 4-5 kb, tendo-se em conta a ocorrência dos dois polimorfos de Al_2SiO_5 — andaluzita e sillimanita e a temperatura de 560°C. Aparentemente não há variação do grau metamórfico passando da Formação Seridó para o embasamento gnáissico, uma vez que estudos petrológicos, que estão sendo realizados em rochas do Complexo Caicó aflorando próximo e a oeste da área, indicam que o metamorfismo que afetou este complexo é também do fácies anfibolito baixo.

Foi definido apenas um evento tectono-metamórfico (Brasileiro) e a distribuição espacial das paragéneses minerais indica que o metamorfismo do fácies anfibolito baixo afetou toda a Formação Seridó, sendo as rochas que afloram na parte ocidental da área estudada classificadas como filonitos. Não foi identificado metamorfismo retrógrado, sendo a clorita dos micaxistos de natureza primária e apenas localmente foram os micaxistos transformados em filonitos.

Agradecimentos Agradecemos a Emanuel F. Jardim de Sá as proveitosas discussões e comentários a respeito do manuscrito, que levaram à sua melhoria. As opiniões expressas são, contudo, da responsabilidade dos autores.

Os nossos agradecimentos vão também para o Dr. Excelso Ruperti, pelo apoio prestado para a utilização do Laboratório de Microsonda Eletrônica do Instituto de Geociências da Universidade de São Paulo, e também ao pessoal deste laboratório.

A colaboração e apoio do Dr. Walter Schuckman e de Raimundo Nonato Pinto de Oliveira e José Herculaneto Neto, dos laboratórios de Raio-X, e Absorção Atômica do Centro de Geociências da Universidade Federal do Pará, contribuíram para o bom andamento dos trabalhos de análise química.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALMEIDA, F.F.M. de; MELCHER, G.C.; CORDANI, V.G.; KAWASHITA, K.; VANDOROS, P. - 1968 - Radiometric age determinations from Northern Brazil. *Bol. Soc. Bras. Geol.*, 17: 3-14.
- ALMEIDA, F.F.M. de; HASUI, Y.; NEVES, B.B. de B. - 1976 - The upper Precambrian of South America. *Bol. Inst. Geoc.*, USP 7: 45-80.
- ALMEIDA, F.F.M. de; HASUI, Y.; NEVES, B.B. de B.; FUCK, R.A. - 1977 - Províncias estruturais brasileiras. In: SIMP. GEOL. NORDESTE, 8, Campina Grande 1977. *Atas...* SBG, p. 363-391.
- CHARMICHAE, D.M. - 1970 - Intersecting isograds in the Whetstone Lake area, Ontario. *J. Petrol.*, 11: 147-181.
- CURRIE, K.L. - 1971 - The reaction 3 cordierite + 2 garnet + 4 sillimanite + 5 quartz as a geological thermometer in the Opinicon Lake region, Ontario. *Contrib. Mineral. Petrol.*, 33: 215-226.
- CURRIE, K.L. - 1974 - A note on the calibration of the garnet-cordierite geothermometer and geobarometer. *Contrib. Mineral. Petrol.*, 44: 35-44.
- EBERT, H. - 1970 - The Precambrian geology of the "Borborema" belt (States of Paraíba and Rio Grande do Norte, Northeastern Brazil) and the origin of its mineral provinces. *Geol. Rundschau*, 59: 1292-1326.
- FERREIRA, J.A.M. - 1967 - Considerações sobre uma nova estratigrafia do Seridó. *Rev. Eng. Miner. Metal.*, 45: 25-28.
- FERREIRA, J.A.M. - 1968 - Geologia da Quadrícula de Caicó. Folha E 062 - Rio Grande do Norte e Paraíba. Recife, Sudene, Série Geologia Regional 5, 64 p.
- GAMA, JR., T. - 1981 - *Petrologia da Sequência Xistosa Seridó, Currais Novos-Parelhas (RN)*. (Dissertação de Mestrado, NCGG-Univ. Fed. Pará., 65 p, inédito).
- GAMA JR., T. & ALBUQUERQUE, C.A.R. de - 1979 - Metamorfismo e deformação do Grupo/Complexo Seridó (RN). In: SIMP. GEOL. NORDESTE, 9, Natal, 1979. *Atas...* Natal, SBG, v. 7 p. 332-342.
- GANGULY, J. - 1972 - Staurolite stability and related parageneses: theory, experiments, and applications. *J. Petrol.*, 13: 335-365.
- GUIDOTTI, C.V. - 1968 - On the relative scarcity of paragonite. *Amer. Mineral.*, 53: 963-974.
- GUIDOTTI, C.V. - 1974 - Transition from staurolite to sillimanite zone, Rangeley Quadrangle, Maine. *Geol. Soc. Amer. Bull.*, 85: 475-490.
- HENSEN, B.J. & GREEN, D.H. - 1971 - Experimental study of the stability of cordierite and garnet in pelitic compositions at high pressures and temperatures; I. Composition with excess aluminosilicate. *Contrib. Mineral. Petrol.*, 33: 309-330.
- HENSEN, B.J. & GREEN, D.H. - 1972 - Experimental study of the stability of cordierite and garnet in pelitic compositions at high pressures and temperatures; II. Compositions without excess aluminosilicate. *Contrib. Mineral. Petrol.*, 35: 331-354.
- HENSEN, B.J. & GREEN, D.H. - 1973 - Experimental study of the stability of cordierite and garnet in pelitic composition at high pressures and temperatures; III. Synthesis of experimental data and geological applications. *Contrib. Mineral. Petrol.*, 38: 151-166.
- HOLDAWAY, M.J. - 1971 - Stability of andalusite and the aluminium silicate phase. *Amer. J. Sci.*, 271: 97-131.
- HOLDAWAY, M.J. & LEE, M.S. - 1977 - Fe-Mg cordierite stability in high-grade pelitic rocks, based on experimental, theoretical and natural observations. *Contrib. Mineral. Petrol.*, 63: 175-198.
- HOSCHEK, G. - 1969 - The stability of staurolite and chloritoid and their significance in metamorphism of pelitic rocks. *Contrib. Mineral. Petrol.*, 22: 208-232.
- HUTCHEON, I.; FROESE, E.; GORDON, T.M. - 1974 - The assemblage quartz - sillimanite - garnet - cordierite as an indicator of metamorphic conditions on the Daly Bay Complex, N.W.T. *Contrib. Mineral. Petrol.*, 44: 29-34.
- LEGRAND, J.M. & SALIM, J. - 1980 - Evolução metamórfica de rochas hospedeiras de mineralização de scheelita da região do Seridó (RN). In: CONGR. BRAS. GEOL., 31, Camboriú, 1980, *Anais...* Camboriú, SBG, v. 3, p. 1601-1615.
- MELLO, Z.F. & MELLO, A.A. - 1972 - Zoneamento metamórfico no alto Seridó, RN. In: CONGR. BRAS. GEOL., 26, Belém, 1972, Belém, SBG, resumo das comunicações, p. 206.
- MELLO, A.A. & MELLO, Z.F. - 1974 - Metamorphic zoning in the Seridó region, northeastern Brazil. *Rev. Bras. Geoc.*, 4: 1-14.
- MINNIGH, L.D. & HACKSPACHER, P.C. - 1979 - Preliminary results of a study on structures in schists of the Seridó Formation near Cruzeta - RN. In: SIMP. GEOL. NORDESTE, 9, Natal, 1979. *Atas...* Natal, SBG, v. 7, p. 44-51.
- MIYASHIRO, A. - 1961 - Evolution of metamorphic belts. *J. Petrol.*, 2: 277-311.
- MIYASHIRO, A. - 1975 - *Metamorphism and metamorphic belts*. London, G. Allen & Unwin Ltd., 492 p.
- NEVES, B.B. de B. - 1975 - *Regionalização geotectônica do Pré-Cambriano Nordeste*. (tese de Doutorado, Inst. Geol. USP, 196 p, inédito).
- NEVES, B.B. de B.; KAWASHITA, K.; PESSOA, D.A.R. - 1975 - A posição estratigráfica do Complexo Caicó. In: SIMP. GEOL. NORDESTE, 7, Fortaleza, 1975, *Atas...* Fortaleza, SBG, p. 289-297.
- RICHARDSON, S.E. - 1968 - Staurolite stability in a part of the system Fe-Al-Si-O-H. *J. Petrol.*, 9: 467-488.
- RICHARDSON, S.W.; GILBERT, M.C.; BELL, P.M. - 1969 - Experimental determination of kyanite-andalusite and andalusite-sillimanite equilibria: the aluminium silicate triple point. *Amer. J. Sci.*, 267: 259-272.
- SÁ, E.F.J. de - 1978 - Revisão preliminar sobre a "Faixa dobrada do Seridó" e eventuais correlatas no Nordeste. *Rev. Ciências*, UFRN, 1: 77-83.
- SÁ, E.F.J. de - 1984 - Geologia da região do Seridó: reavaliação de dados. In: SIMP. GEOL. NORDESTE, 11, Recife, 1984, *Atas...* Recife, SBG (no prelo).
- SALIM, J.; LEGRAND, J.M.; DARDENNE, A.M. - 1979 - Sucessão de fases de metamorfismo nos metassedimentos da região de Lages (RN). In: SIMP. GEOL. NORDESTE, 9 Natal, 1974, *Anais...* Natal, SBG, v. 7, p. 56. 63.
- THOMPSON, A.B. - 1976 - Mineral relations in pelitic rocks: II Calculation of some P-T-X (Fe-Mg) phase relations. *Amer. J. Sci.*, 276: 425-454.
- TRIBOULET, C. - 1983 - Uni- and divariant equilibria between staurolite, chloritoid, garnet, chlorite, biotite in medium pressure meta-acidites from Lorient-Concarneau area (South Brittany, France). *Contrib. Mineral. Petrol.*, 82: 195-204.
- WEDEPOHL, K.H. - 1969 - Composition and abundance of common sedimentary rocks. In: *Handbook of Geochemistry*: WEDEPOHL, K.H., ed., Berlin, Springer-Verlag, v. 1, p. 250-271.
- WINKLER, H.G.F. - 1976 - *Petrogenesis of metamorphic rocks*. 4 ed., New York, Springer-Verlag, 334 p.

MANUSCRITO

Recebido em 23 de maio de 1984

Revisão aceita em 12 de agosto de 1985