

CONDIÇÕES DE P-T DE FORMAÇÃO DOS GRANULITOS DO FAROL DA BARRA, SALVADOR, BAHIA, BRASIL

SHIGUEMI FUJIMORI*

ABSTRACT P-T CONDITIONS OF GRANULITES FORMATION FROM FAROL DA BARRA, SALVADOR, BAHIA, BRAZIL. The P-T conditions of formation of granulites from Salvador, Bahia, were determined by some available geothermometers and geobarometers. At least, three phases of polymetamorphism were recognized: 7,5 kbar and 840-900°C; 6,75-7,5 kbar and 525-550°C; and around 3 kbar 750°C.

INTRODUÇÃO As rochas metamórficas da fácies granulito que aparecem na parte alta da cidade de Salvador foram estudadas petrográfica e mineralogicamente por Fujimori & Allard (1966) e Fujimori (1968). Algumas variedades foram estudadas quimicamente, como os granulitos com granadas predominantemente almandíferas, do Farol da Barra (Fujimori & Fyfe 1984), tendo os autores chegado à conclusão de que o protólito original para esse tipo de rocha pode ter sido um solo residual pré-cambriano.

As condições de pressão e temperatura para a formação dessas rochas metamórficas, entretanto, ainda são pouco definidas. Stormer (1973), ao estudar as rochas hipersteníticas com safirina do Rio Vermelho, Salvador, admitiu uma temperatura de cerca de 1.000°C para a formação dessas rochas. Stormer & Whitney (1977), utilizando o equilíbrio entre plagioclásico e feldspato alcalino coexistentes nos granulitos quartzo-feldspáticos dessa região como geotermômetro, concluíram que suas condições de metamorfismo estão na faixa 750°C-800°C e 4-8 kbar.

As condições de pressão e temperatura de formação das rochas metamórficas com granada do Farol da Barra foram delimitadas por alguns geotermômetros e geobarômetros disponíveis: ortopiroxênio-clinopiroxênio (Wood & Banno 1973), ortopiroxênio-granada (Wood 1974), biotita-granada (Ferry & Spear 1978), ortopiroxênio-plagioclásio-granada-quartzo (Perkins & Newton 1981), granada-sillimanita-cordierita-espinélio (Harris 1981) e granada-cordierita (Currie 1971).

PETROGRAFIA As rochas analisadas, expostas no Farol da Barra (Fig. 1), foram descritas com certa minúcia por Fujimori & Fyfe (1984). As seguintes associações mineralógicas foram estudadas:

- Diopsiditos:
- a) clinopiroxênio ($\pm$ plagioclásio $\pm$ quartzo)
- Granulitos máficos:
- b) quartzo + ortopiroxênio ($\pm$ plagioclásio)
- c) ortopiroxênio + plagioclásio
- d) ortopiroxênio + clinopiroxênio + plagioclásio
- Granulitos félsicos:
- e) granada + quartzo $\pm$ plagioclásio (kinzigito)
- f) granada + sillimanita + quartzo (khondalito)
- g) granada + sillimanita + cordierita + quartzo $\pm$ plagioclásio

Diopsiditos Os diopsiditos são rochas geralmente maciças, de cor esverdeada a esbranquiçada e de granulação fina a grossa. Ocorrem na forma de lentes alinhadas, sugerindo um processo de *boudinage*. Essas lentes, no Farol da Barra, estão rodeadas por rochas claras, às vezes azuladas, compostas principalmente de quartzo e um pouco de ortopiroxênio ($\pm$ plagioclásio $\pm$ biotita). Os minerais essenciais dos diopsiditos são diopsídio e quantidades variáveis de

plagioclásio, quartzo, biotita, escapolita, epidoto-zoisita. As variedades esbranquiçadas ricas em quartzo podem confundir-se macroscopicamente com os quartzitos. São rochas metamórficas que resultaram de um material sedimentar carbonatado impuro original (Sighinolfi & Fujimori 1974).

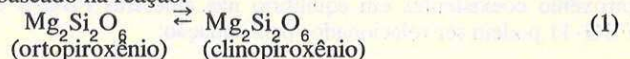
Granulitos máficos São rochas de cor cinza-esverdeada a azulada, granulação fina e sacaroidal. No local estudado, ocorrem duas variedades mineralógicas principais: ortopiroxênio + plagioclásio e ortopiroxênio + clinopiroxênio + plagioclásio (amostras FBG-6 e FBG-7). Além desses minerais essenciais, aparecem em proporções pequenas e variáveis quartzo, hornblenda, biotita, minerais opacos e apatita. Essas associações mineralógicas aparecem em faixas até milimétricas, que se intercalam, conferindo às rochas uma foliação. Os piroxênios foram analisados com microsonda eletrônica (Tab. 1) e como praticamente são coexistentes nessas rochas, às vezes ocorrendo em faixas paralelas numa mesma lâmina delgada, eles foram utilizados para a geotermometria. A composição química dessas rochas (Fujimori & Fyfe 1984) lançada nos diagramas do tipo De La Roche sugeriu-lhes uma rocha original de natureza mais ígnea intermediária do que sedimentar.

Granulitos félsicos Neste grupo estão as associações granada + quartzo + plagioclásio $\pm$ biotita (kinzigitos), granada + sillimanita + plagioclásio $\pm$ biotita (khondalitos) e granada + sillimanita + cordierita + quartzo + plagioclásio $\pm$ espinélio $\pm$ coríndon $\pm$ biotita, contendo algumas amostras também ortopiroxênio (FBG-5 e FBG-11). Essas rochas não são distinguíveis macroscopicamente. São de cor cinza-esbranquiçada, granulação fina, sacaroidal e porfiroblásticas. Os porfiroblastos são de granada e, nas rochas com cordierita, esta substitui aquela e é substituída por biotita. Alguns minerais dessas associações possibilitaram a aplicação de geotermômetros e geobarômetros.

Análises químicas dos minerais obtidas pela microsonda eletrônica da Universidade Western Ontário, London, Canadá, permitiram o cálculo, de parâmetros necessários para a determinação da temperatura e pressão, e estão na tabela 2. O ferro foi considerado como FeO.

GEOTERMÔMETROS E GEOBARÔMETROS Diversas reações envolvendo o equilíbrio e a substituição foram utilizadas, considerando que nas amostras estudadas esse equilíbrio tenha sido atingido.

Equilíbrio Ortopiroxênio-clinopiroxênio Este equilíbrio é baseado na reação:



* Departamento de Geologia e Geofísica Aplicada, Instituto de Geociências da UFBA, Rua Caetano Moura, 123, CEP 40210, Salvador, Bahia, Brasil.

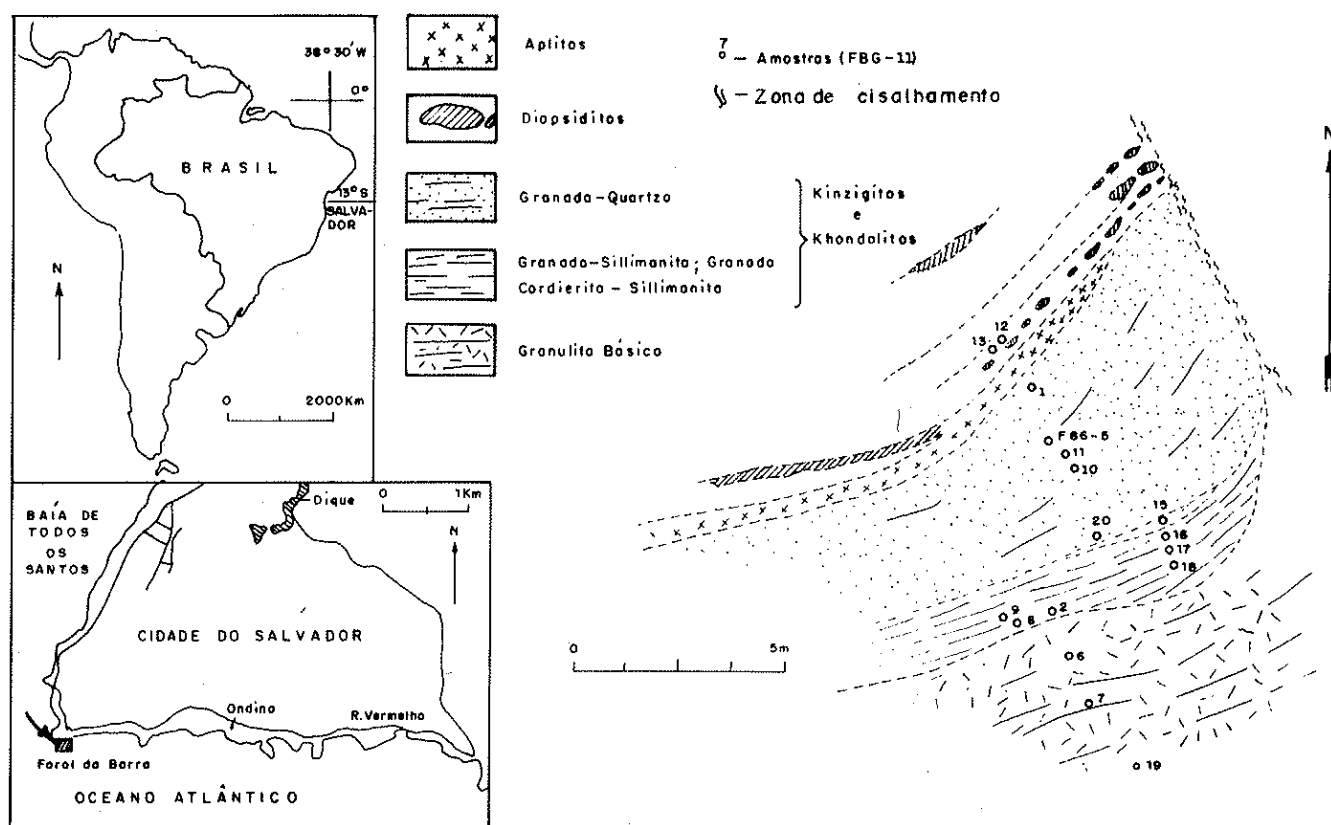


Figura 1 – Granulitos granatíferos do Farol da Barra, Salvador, Bahia

A fórmula utilizada para a determinação da temperatura foi a de Wood & Banno (*op. cit.*):

$$T(^{\circ}\text{K}) = \frac{-10.202}{\ln \eta_{\text{en}}^{\text{cpx}} - 7,65 X_{\text{Fe}}^{\text{opx}} + 3,88 (X_{\text{Fe}}^{\text{opx}})^2 - 4,6} \quad \text{na qual (1a).}$$

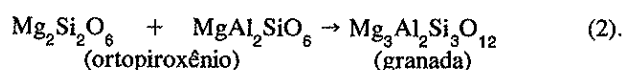
$$\ln \eta_{\text{en}}^{\text{cpx}} = (X_{\text{Mg}, \text{M}_1})_{\text{cpx}} \cdot (X_{\text{Mg}, \text{M}_2})_{\text{cpx}} = \left(\frac{\text{Mg}^{2+}}{\text{Mg}^{2+} + \text{Fe}^{2+} + \text{Al}^{3+}} \right)_{\text{cpx}} \cdot \left(\frac{\text{Mg}^{2+}}{\text{Mg}^{2+} + \text{Fe}^{2+} + \text{Ca}^{2+} + \text{Mn}^{2+}} \right)_{\text{cpx}} \quad (1b).$$

$$\ln \eta_{\text{en}}^{\text{opx}} = (X_{\text{Mg}, \text{M}_1})_{\text{opx}} \cdot (X_{\text{Mg}, \text{M}_2})_{\text{opx}} = \left(\frac{\text{Mg}^{2+}}{\text{Mg}^{2+} + \text{Fe}^{2+} + \text{Al}^{3+} + \dots} \right)_{\text{opx}} \cdot \left(\frac{\text{Mg}^{2+}}{\text{Mg}^{2+} + \text{Fe}^{2+} + \text{Ca}^{2+} + \text{Mn}^{2+}} \right)_{\text{opx}} \quad (1c).$$

$$e \quad X_{\text{Fe}}^{\text{opx}} = \left(\frac{\text{Fe}^{2+}}{\text{Fe}^{2+} + \text{Mg}^{2+}} \right)_{\text{opx}} \quad (1d).$$

As amostras FBG-6 e FBG-7, muito próximas, forneceram o ortopiroxênio e clinopiroxênio para este cálculo. O resultado está na tabela 2.

Equilíbrio ortopiroxênio-granada A granada e o ortopiroxênio coexistentes em equilíbrio nas amostras FBG-5 e FBG-11 podem ser relacionados pela equação:



Para o cálculo de pressão e temperatura de equilíbrio foi utilizada a equação geral

$$\Delta G_{P,T} = \Delta H_{298}^{\circ} - T \cdot \Delta S_{298}^{\circ} + \Delta V(P-1) + RT \ln \eta K = 0 \quad (2a)$$

na qual, conforme Wood (*op. cit.*), $\Delta H^{\circ} = -7.012 \text{ cal. mol}^{-1}$ e $\Delta S_{298}^{\circ} = -3,89 \text{ cal. mol}^{-1} \cdot \text{grau}^{-1}$. ΔV foi determinado pela interpolação dos dados de $(V_{\text{Mg}_3\text{Al}_2\text{Si}_3\text{O}_{12}}^{\circ} - V_{\text{Mg}_2\text{Si}_2\text{O}_6}^{\circ} - V_{\text{MgAl}_2\text{SiO}_6}^{\circ})$ em função da porcentagem de Al na posição M_1 do ortopiroxênio, de acordo também com Wood (*op. cit.*). Por outro lado,

$$K = \frac{a_{\text{granada}}^{\text{granada}}}{a_{\text{opx}}^{\text{opx}} \cdot a_{\text{MgAl}_2\text{SiO}_6}^{\text{opx}}} \quad (2b).$$

$$a_{\text{Mg}_3\text{Al}_2\text{Si}_3\text{O}_{12}}^{\text{gran.}} = (X_{\text{Mg}})^3 \cdot (X_{\text{Si}})^3$$

$$a_{\text{Mg}_2\text{Si}_2\text{O}_6}^{\text{opx}} = (X_{\text{Mg}, \text{M}_1}) (X_{\text{Mg}, \text{M}_2}) \cdot (X_{\text{Si}}, \text{T})^2$$

$$a_{\text{MgAl}_2\text{SiO}_6}^{\text{opx}} = 4(X_{\text{Mg}, \text{M}_2}) (X_{\text{Al}, \text{M}_1}) (X_{\text{Al}, \text{T}}) (X_{\text{Si}, \text{T}}) \quad (\text{Mukherjee et al. 1968}).$$

Os valores de T e P calculados para as amostras FBG-5 e FBG-11 estão na tabela 2.

Equilíbrio biotita-granada (substituição) Este equilíbrio de substituição é baseado na seguinte reação:

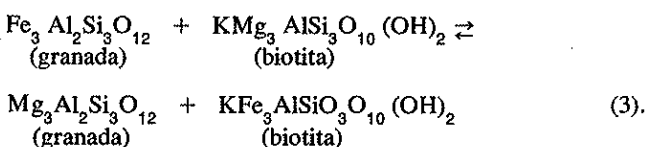


TABELA 1 – Dados químicos utilizados

	FBG-6/FBG-7		FBG-5				FBG-11				FBG-8		
	OPX.	CPX.	OPX.	GRAN.	PLAG.	BIOT.	OPX.	GRAN.	PLAG.	BIOT.	GRAN CORD.ESPIN.		
SiO ₂	51,56	52,25	49,01	39,40	57,64	37,16	49,03	38,71	58,19	38,66	38,84	50,46	0,47
TiO ₂	0,05	0,15	0,24	0,09	0,00	4,61	0,07	0,10	0,00	4,02	0,05	–	–
Al ₂ O ₃	0,60	1,44	5,95	20,93	23,47	14,73	6,89	21,82	25,45	14,56	22,06	34,10	58,71
Fe ₂ O ₃	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
FeO	27,14	7,82	24,91	29,07	0,10	12,91	25,02	29,70	–	9,86	29,42	5,04	31,75
MnO	0,67	0,70	0,15	0,51	0,06	0,03	0,11	0,75	0,02	0,00	0,41	–	0,02
CaO	0,59	23,46	0,07	2,29	8,00	0,00	0,07	2,50	7,45	0,03	1,04	–	0,05
MgO	19,39	13,69	20,18	8,62	0,01	15,54	19,30	8,20	0,01	17,96	8,28	10,07	7,22
K ₂ O	0,02	0,02	0,01	–	0,12	9,87	0,00	0,00	0,10	10,16	–	–	–
Na ₂ O	0,13	0,40	–	–	7,48	0,00	0,00	0,00	7,70	0,05	–	–	–
C ₂ O ₃	0,07	0,09	–	–	–	–	0,26	0,07	–	0,15	–	–	–
	100,22	100,01	100,51	110,90	96,91	94,86	100,75	101,85	98,99	95,45	100,05	99,67	98,29
N _{IV} O	6	6	6	24	32	22	6	24	32	22	24	18	32
Si _{IV}	1,9657	1,9525	1,8366	6,0651	10,6752	5,5380	1,8316	5,9354	10,5306	5,6340	6,0147	5,0359	0,1055
Al	0,0270	0,0475	0,1634	–	5,1137	0,4620	0,1700	0,0646	5,4184	2,3660	–	0,9641	–
Ti _{VI}	0,0014	0,0043	0,0068	0,0102	–	0,5151	0,0020	0,0120	–	0,4398	0,0056	–	–
Al ₊₊	–	0,0157	0,0988	3,7903	–	2,1206	0,1300	3,8705	–	0,1314	4,0085	3,0359	15,5700
Fe ₊₊	0,8622	0,2435	0,7780	3,7294	0,0156	1,6034	0,7789	3,7947	–	1,1971	3,7967	0,4192	5,9665
Mn ₊₊	0,0215	0,0222	0,0047	0,0665	–	0,0036	0,0036	0,0975	0,0033	–	0,0539	–	0,0041
Ca ₊₊	0,0240	0,9393	0,0029	0,3777	1,5879	–	0,0029	0,4103	1,4442	0,0044	0,1728	–	0,0135
Mg	1,1090	0,7675	1,1344	1,9903	0,0033	3,4741	1,0814	1,8859	0,0033	3,9262	1,9234	1,5090	2,4421
K ⁺	0,0010	0,0010	0,0004	–	0,0290	1,8779	–	–	0,0228	1,8905	–	–	–
Na ⁺	0,0096	0,0392	–	–	2,6824	–	–	–	2,6972	0,0140	–	–	–
Cr ⁺⁺⁺	0,0023	0,0027	–	–	–	–	0,0076	0,0092	–	0,0175	–	–	–
a_{an}^{pl}	–	–	–	–	0,3698	–	–	–	0,3462	–	–	–	–
$a_{Mg_2Si_2O_6}^{opx}$	0,2970	–	0,2696	–	–	–	0,24276	–	–	–	–	–	–
$a_{Fe_2Si_2O_6}^{opx}$	–	–	0,1283	–	–	–	0,12659	–	–	–	–	–	–
$a_{MgAl_2SiO_6}^{opx}$	–	–	0,0176	–	–	–	0,0215	–	–	–	–	–	–
$a_{Ca_3Al_2Si_3O_{12}}^{gran.}$	–	–	–	0,00023	–	–	–	0,00029	–	–	–	–	–
$a_{Mg_3Al_2Si_3O_{12}}^{gran.}$	–	–	–	0,03348	–	–	–	0,03289	–	–	–	–	–
$a_{Fe_3Al_2Si_3O_{12}}^{gran.}$	–	–	–	0,21974	–	–	–	0,22904	–	–	0,26024	–	–
$a_{Mg_2Si_2O_6}^{cpx}$	–	0,0181	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
Mg/Fe	–	–	–	0,5335	–	2,1667	–	0,4970	–	3,2798	0,5065	–	–
$X_{Fe}^{opx} = Fe^{++}/Fe^{++} + Mg^{++}$	0,4374	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
$a_{Fe_2Al_4Si_5O_{18}}^{cord.}$	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	0,04726	–
$a_{FeAl_2O_4}^{espin.}$	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	0,70625

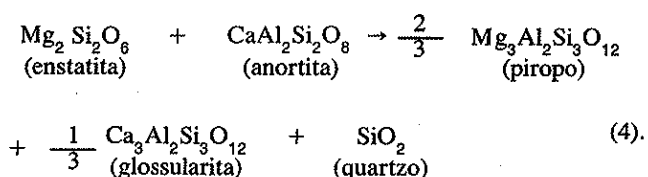
As condições de equilíbrio foram calculadas pela calibração de Ferry & Spear (*op. cit.*):

$$12.454 - 4,622 T(^{\circ}K) + 0,057P \text{ (bar)} + 3RT \ln K = 0, \text{ (3a)}$$

$$\text{na qual } K = \frac{(Mg/Fe)_{granada}}{(Mg/Fe)_{biotida}}$$

Os valores calculados de T e P para as amostras FBG-5 e FBG-11, estão na tabela 2.

Equilíbrio Ortopiroxênio - plagioclásio - granada - quartzo É baseado na reação:



Os valores de T e P foram calculados para a amostra FBG-5, utilizando a calibração de Perkins & Newton (*op. cit.*):

$$P(\text{bar}) = 3,944 + 13,070 T(^{\circ}K) + 3,5038T$$

$$\ln K = \frac{(a_{Ca}^{gran.}) (a_{Mg}^{gran.})^2}{(a_{en}^{opx}) (a_{an}^{pl})} \quad (4a)$$

$$a_{Ca}^{gran.} = (X_{Ca})$$

$$a_{Mg}^{gran.} = (X_{Mg})$$

$$a_{an}^{pl} = \frac{Ca}{Ca + Na + K}$$

$$a_{en}^{opx} = (X_{Mg,M_1}) (X_{Mg,M_2}) (X_{Si,T})^2$$

TABELA 2 – Temperaturas e pressões calculadas as

REAÇÃO	AMOSTRA	TEMPERATURA/PRESSÃO				
[1] opx-cpx (Wood & Branno 1973)	FBG-6 x FBG-7	T°C	747			
[2] opx-granada (equilíbrio) (Wood 1974)	FBG-5 FBG-11	P (kbar)	3	5	8	10
		T°C	708	760	838	890
		T°C	737	791	873	927
[3] bio-granada (substituição) (Ferry & Spear 1978)	FBG-5 FBG-11	P (kbar)	3	5	8	10
		T°C	543	550	562	569
		T°C	522	529	540	547
[4] opx-plag-gran-qzo (Perkins & Newton 1982)	FBG-11 FBG-5	T°C	500	700	900	
		P (kbar)	7,3	8,2	9,0	
		P (kbar)	6,6	7,3	8,0	
[5] gran.-sill.-cord.-espin. (Harris 1981)	FBG-8	T°C	500	700	900	
		P (kbar)	4,5	5,3	6,0	
[6] gran.-cord. (Currie 1971)	FBG-8	T°C	751			
		P (kbar)	2,9			

opx = ortopiroxênio; cpx = clinopiroxênio; bio = biotita; plag = plagiocáso; gran. = granada; qzo = quartzo; sill. = sillimanita; cord. = cordierita e espin. = espinélio.

Os valores calculados de T e P estão na tabela 2.

Equilíbrio granada-Sillimanita-cordierita-espinélio A reação de equilíbrio estudada por Harris (*op. cit.*) é a seguinte: granada + sillimanita → cordierita + espinélio (5)

Para esta reação, obteve-se a equação:

$$P_{\text{(bar)}} = 1 + \frac{1.358 + (0,82) T(^{\circ}\text{K})}{0,7908} \quad \text{na qual (5a)}$$

$$K = \frac{(a_{\text{Fe}_3\text{Al}_2\text{Si}_3\text{O}_{12}}^{\text{gran.}})}{(a_{\text{Fe}_2\text{Al}_4\text{Si}_5\text{O}_{18}}^{\text{cord.}})(a_{\text{FeAl}_2\text{O}_4}^{\text{espin.}})} \quad \text{sendo (5b)}$$

$$a_{\text{Fe}_3\text{Al}_2\text{Si}_3\text{O}_{12}}^{\text{gran.}} = (x_{\text{Fe}}^{\text{gran.}})^3; a_{\text{Fe}_2\text{Al}_4\text{Si}_5\text{O}_{18}}^{\text{cord.}} = (x_{\text{Fe}}^{\text{cord.}})^2 \text{ e}$$

$$a_{\text{FeAl}_2\text{O}_4}^{\text{espin.}} = (x_{\text{Fe}}^{\text{espin.}})(x_{\text{Al}}^{\text{espin.}})$$

Os valores de T e P calculados por essa fórmula para a amostra FBG-8 estão na tabela 2.

Equilíbrio Cordierita-Granada Baseando-se na cordierita e granada, Currie (*op. cit.*) apresentou um geotermômetro e geobarômetro. As fórmulas para temperatura e pressão são:

$$T = \frac{4.515}{6,37 - 0,7 \eta K_D}, \text{ (6) em que } K_D = \frac{(\text{Mg/Fe})_{\text{cord.}}}{(\text{Mg/Fe})_{\text{gran.}}} \text{ e}$$

$$P = P^0 + \frac{\Delta P^0}{2} (x_{\text{gran.}} + x_{\text{cord.}}) \quad (6a), \text{ em que}$$

$$x = \frac{\text{Mg}}{\text{Mg} + \text{Fe}} \text{ e } \Delta P^0 = 0,003138 T \eta K_D$$

P^0 = pressão de equilíbrio da granada Fe e cordierita Fe, na temperatura calculada T, da reação: $\frac{1}{2}$ cordierita Fe $\rightleftharpoons \frac{1}{3}$ granada Fe + $\frac{2}{3}$ sillimanita + $\frac{5}{6}$ quartzo e para a qual

$$\Delta H^0 = + 38.250 \text{ cal}$$

$$\Delta S^0 = 26,20 \text{ U.E.}$$

$$\Delta V^0 = - 164,2 \text{ cm}^3$$

O valor de P^0 é obtido pela expressão geral

$$\Delta G_{P,T} = \Delta H^0 - T \Delta S^0 + (P^0 - 1) \Delta V = 0$$

Os valores de T e P calculados para a amostra FBG-8 estão na tabela 2.

Os dados geotermométricos e geobarométricos obtidos pelas diversas fórmulas estão representados graficamente no diagrama P-T (fig.2), ao qual foram acrescentadas as retas de equilíbrio para os polimorfos de Al_2SiO_5 (cianita-andaluzita-sillimanita) calculadas pelos dados termodinâmicos fornecidos para esses componentes por Robie & Waldbaum (1968).

CONCLUSÕES As condições metamórficas de formação dos granulitos de Salvador foram delimitadas por alguns geotermômetros e geobarômetros calibrados, com introdução de simplificações em seus cálculos. O princípio da convergência de equilíbrio (Mukherjee *et al. op. cit.*) especifica que as interseções das curvas de geotermômetros e geobarômetros para uma mesma associação mineral determinam as condições de P e de T para esse conjunto. A precisão desses sensores é difícil de ser estabelecida, pois depende da calibração dos geotermômetros e geobarômetros. Apesar dessas limitações, entretanto, as reações 2, 3 e 4 indicam (Fig. 2) duas condições de metamorfismo em torno de 6,75-7,5 kbar e 525-550°C (B) e 7,5-9 kbar e 840-900°C (A). O geotermômetro e o geobarômetro de Currie (*op. cit.*) e as reações 5 e 6 envolvendo a cordierita indicam uma outra condição em torno de 750°C e 3 kbar (C) distinta das duas primeiras.

Essas três condições podem representar as diversas fases do polimetamorfismo sofrido pelos granulitos de Salvador. Após atingir o pico do metamorfismo (A), sob condições de

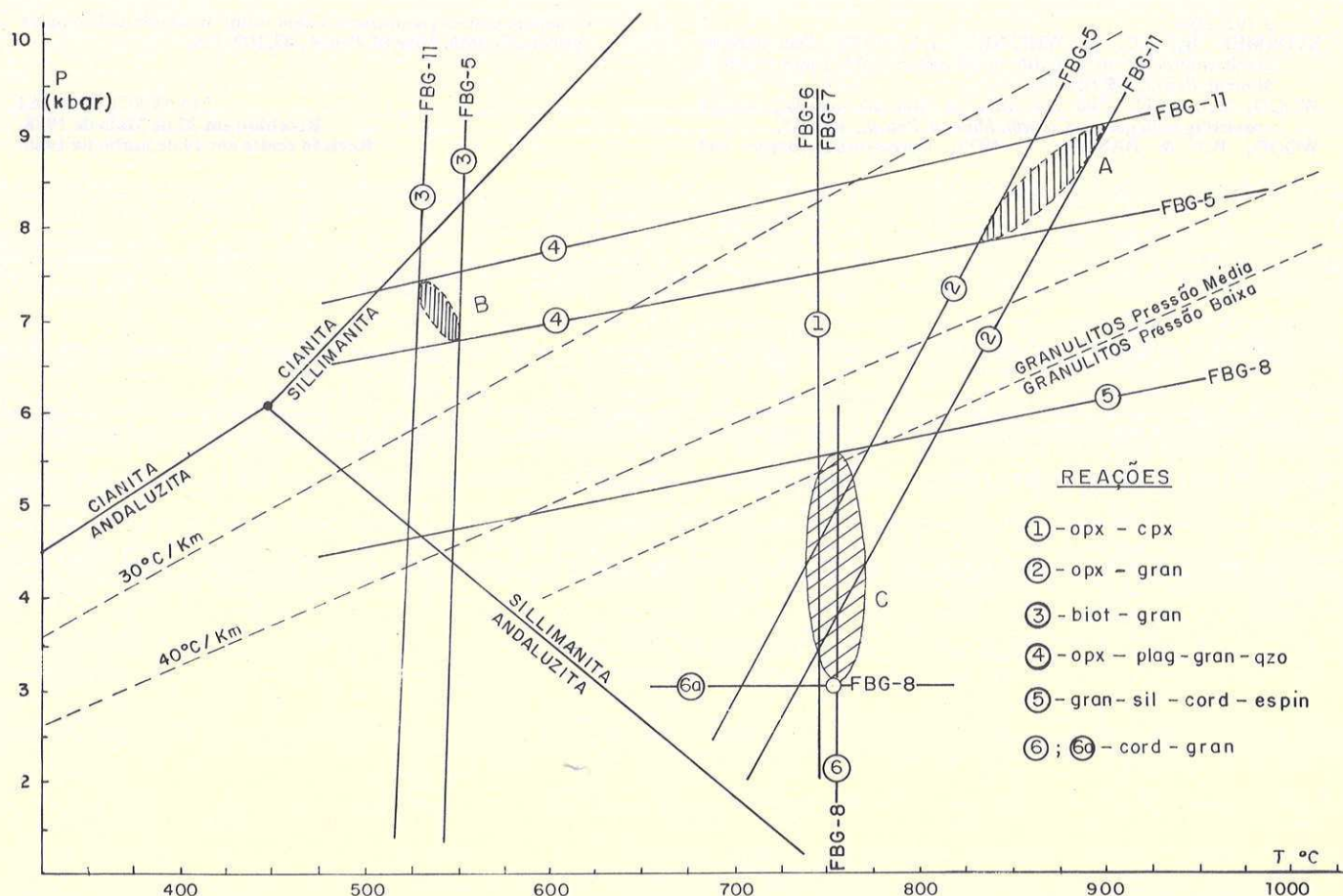


Figura 2 - Diagrama sinótico das curvas de equilíbrio P-T. Áreas hachuradas = convergências de P-T para granulitos de Salvador, Bahia. Reta que separa granulitos de baixa e média pressões de acordo com Green & Ringwood (1967)

fácies granulito de pressão intermediária (Green & Ringwood 1967), houve um retrometamorfismo, principalmente com o abaixamento da pressão, dando origem à associação com cordierita (C), e posteriormente um outro episódio para dar origem à associação com biotita (B).

Os geotermômetros e geobarômetros se baseiam em paragéneses nas diversas condições de T e P e as transformações polimetamórficas constatadas são função também da composição química das rochas, permitindo a preservação das associações mineralógicas anteriores. A paragénesis com biotita possivelmente resultou de um processo de cisalhamento sofrido pelas rochas.

Os valores obtidos por Stormer (*op. cit.*) e Stormer & Whitney (*op. cit.*) estão também nessas faixas. A temperatura

de 1.000°C obtida para rochas com hiperstênio e safirina, situadas a cerca de 5 km a leste do Farol da Barra, poderá corresponder às paragéneses de alta temperatura.

Agradecimentos Os agradecimentos são devidos ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), pela bolsa de pesquisa proporcionada, e à Sra. Eraldina Leão Campelo e ao Sr. Warney Bispo de Magalhães, pela datilografia e confecção de desenhos, respectivamente. As análises químicas dos minerais utilizando a microsonda eletrônica foram possíveis graças à Canadian International Development Agency (CIDA), que proporcionou um estágio no Departamento de Geologia da Universidade de Western Ontário, London, Canadá.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- CURRIE, K.L. 1971. The reaction 3 cordierite = 2 garnet + 4 sillimanite + 5 quartz as a geological thermometer in the Opinon Lake Region, Ontario, *Contr. Mineral. Petrol.*, 33:215-226.
- FERRY, J.M. & SPEAR, F.S. 1978. Experimental calibration of the partitioning of Fe and Mg between biotite and garnet, *Contrib. Mineral. Petrol.*, 66:113-117.
- FUJIMORI, S. 1968. Granulitos e charnockitos de Salvador, Bahia, *An. Acad. Brasil. Ciênc.*, 40:181-202.
- FUJIMORI, S. & ALLARD, G.O. 1966. Ocorrência de safirina em Salvador, Bahia, *Bol. Soc. Bras. Geol.*, 15:67-81.
- FUJIMORI, S. & FYFE, W.S. 1984. Almanditic garnet-rich metamorphic rocks as an original soil developed during Precambrian, *Rev. Bras. Geoc.*, 14(4):194-202.
- GREEN, D.H. & RINGWOOD, A.E. 1967. An experimental investigation of the gabbro to eclogite transformation and its petrological applications, *Geochim. Cosmoch. Acta*, 31:767-833.
- HARRIS, N. 1981. The application of spinel-bearing metapelites to P/T determinations: an example from South India, *Contrib. Mineral. Petrol.*, 76:229-233.
- MUKHERJEE, A.; BHATTACHARYA, A.; CHAKRABORTY, S.C. 1986. Convergent phase equilibria at the massif anorthosit-granulite interface near Bolangir, Orissa, India, and thermal evolution of a part of the India Shield, *Precambrian. Res.*, 34:69-104.
- PERKINS III, D. & NEWTON, R.C. 1981. Charnockite geobarometers based on coexisting garnet-pyroxene-plagioclase-quartz, *Nature*, 292:144-146.
- ROBIE, R.A. WALDBAUM, D.R. 1968. *Thermodynamic properties of minerals and related substances at 298, 15°K (25,0°C) and one atmosphere (1,0138 bars) pressure at higher temperatures*, U.S. Geology. Surv. 1259, 255 pp.
- SIGHINOLFI, G.P. & FUJIMORI, S. 1974. Petrology and chemistry of diopsidic rocks in granulite terrains from the Brazilian basement, *Atti della Soc. Tosc. Di Sci. Natur.*, serie A, LXXXI:103-120.
- STORMER JR., J.C. 1973. The composition of sapphirine from Salvador, Bahia, and conditions of its formation, *Rev. Bras. Geoc.*,

3:192-200.

STORMER Jr., J.C. & WHITNEY, J.A. 1977. Two-feldspar geothermometry in granulite facies metamorphic rocks. *Contrib. Mineral. Petrol.*, **65**:123-133.

WOOD, B.J. 1974. The solubility of alumina in orthopyroxene coexisting with garnet. *Contrib. Mineral. Petrol.*, **46**:1-15.

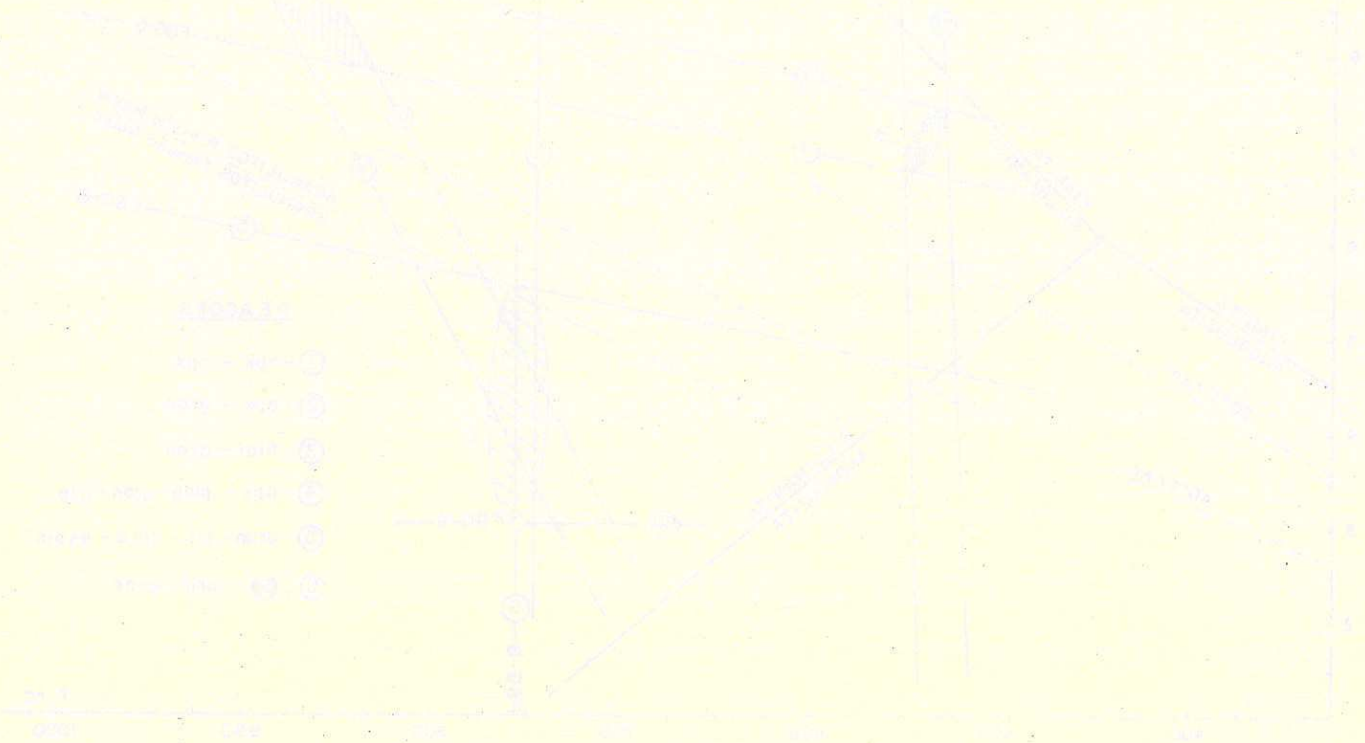
WOOD, B.J. & BANNON, S. 1973. Garnet-orthopyroxene and

orthopyroxene-clinopyroxene relationships in simple and complex systems. *Contrib. Mineral. Petrol.*, **42**:109-124.

MANUSCRITO: 464

Recebido em 22 de Maio de 1988.

Revisão aceita em 14 de junho de 1988.



de 1987, com o intuito de estabelecer uma base de dados para a interpretação dos resultados das análises de campo e de laboratório.

A interpretação dos resultados das análises de campo e de laboratório é feita com base nos dados obtidos nas análises de campo e de laboratório. A interpretação dos resultados das análises de campo e de laboratório é feita com base nos dados obtidos nas análises de campo e de laboratório. A interpretação dos resultados das análises de campo e de laboratório é feita com base nos dados obtidos nas análises de campo e de laboratório.

Os resultados das análises de campo e de laboratório são apresentados na forma de tabelas e gráficos. A interpretação dos resultados das análises de campo e de laboratório é feita com base nos dados obtidos nas análises de campo e de laboratório. A interpretação dos resultados das análises de campo e de laboratório é feita com base nos dados obtidos nas análises de campo e de laboratório.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

STORMER Jr., J.C. & WHITNEY, J.A. 1977. Two-feldspar geothermometry in granulite facies metamorphic rocks. *Contrib. Mineral. Petrol.*, **65**:123-133.

WOOD, B.J. 1974. The solubility of alumina in orthopyroxene coexisting with garnet. *Contrib. Mineral. Petrol.*, **46**:1-15.

"Defrontei-me, de repente, com uma geografia do mal acabado, de uma violência desconcertante. A linha constante de água e mato servia de moldura a um mundo ainda ingônimo e confuso. As florestas não tinham fim. A terra se repetia, carregada de alaridos anônimos. Eram vozes indecifradas. Sempre água e mato por toda a parte, aquele sem-fim de mato, de um verde imenso, com árvores de mãos dadas, ao longo da margem do grande rio".

Bopp, R. 1975. *Seleção em prosa e verso*.
Rio de Janeiro, Olympio/MEC.