PETROLOGIA DO GNAISSE CANTÃO: IMPLICAÇÕES NA EVOLUÇÃO DA FAIXA DE DOBRAMENTOS ARAGUAIA, SERRA DO ESTRONDO (GO)

ANTÔNIO CELSO COSTA DE SOUZA*, ROBERTO DALL'AGNOL*
e NILSON PINTO TEIXEIRA*

ABSTRACT The Cantão Gneiss occupies most of the cores of Cantão, Rio Jardim, and Rio Cunhãs domal structures and probably lesser parts of the Lontra, Cocalândia, and Colméia domes. The deformational features are, in general, like those of the Estrondo Group. The petrographic and chemical studies of these gneisses revealed one group of granitic and other of granodioritic composition. The petrographic and chemical resemblances, the gradation from one to other variety, the textural affinities, and the intimate association in the field show, undoubtedly, that it is an assemblage having the same genesis and belonging to the same unit. The distribution of samples in various diagrams and their petrographic and chemical features, and their field relationship with the adjacent units make it possible to conclude that the Cantão Gneiss is a collection of plutonic igneous rocks, deformed and metamorphosed after their crystallization. The paragenesis of the gneisses, the scarcity of veins, and the compositional gradation suggest that, at the present erosional level, there was no appreciable anatexis. The paragenesis of associated amphibolites, however, shows that the physical conditions of the metamorphism were equivalent to superior medium-grade or high-grade. The diapiric ascension of the gneisses which occurs in their cores, during the deformational and metamorphic climax of the Araguaia mobile belt, was considered the more plausible hypothesis for origin of the domal structures.

INTRODUÇÃO A faixa de dobramentos Araguaia (Hasui *et al.* 1980) é constituída por rochas metamórficas pré-cambrianas pertencentes ao Complexo Colméia (Costa 1980), Gnaiss Cantão (Souza *et al.* 1984) e ao Supergrupo Baixo Araguaia (Abreu 1978). Nela foram caracterizadas diversas estruturas dômicas alinhadas submeridianamente, em cujos núcleos afloram diferentes tipos de gnaisses, migmatitos e anfibolitos. Essas rochas foram colocadas, em termos estratigráficos, no Pré-Cambriano Indiferenciado, por Puty *et al.* (1972), e incluídas no Complexo Xingu, por Silva *et al.* (1974), Guerreiro & Silva (1976) e Sá *et al.* (1979). Nesses trabalhos, elas foram interpretadas como tipos litológicos pertencentes ao embasamento, sobre o qual se teriam depositado os sedimentos originais das rochas que compõem as unidades metassedimentares da Faixa de Dobramentos Araguaia. Outra interpretação foi assumida por Abreu (1978), que as considerou como pertencentes à base da Formação Morro do Campo e incluiu-as no Supergrupo Baixo Araguaia. A correlação dessas rochas com as do Complexo Xingu foi admitida por Costa (1980), quando definiu o Complexo Colméia englobando todas as rochas aflorantes no núcleo da estrutura dômica Colméia, onde identificou registros deformacionais (E-W) ausentes nas rochas metassedimentares que circundam aquela megaestrutura. Essa denominação foi adotada para representar todos os tipos litológicos existentes no interior das estruturas dômicas Xambioá (Santos 1983), Grota Rica e Cocalândia (Teixeira 1984). Por outro lado, Souza *et al.* (1984), estudando uma região situada a NNW da cidade goiana de Colinas de Goiás (Fig. 1 — a mesma reproduzida aqui), individualizaram, nos núcleos de estruturas dômicas lá existentes, apenas localmente gnaisses e migmatitos estruturados na direção E-W, supostamente arqueanos e correlacionáveis ao Complexo Colméia. Predominam lá, de modo acentuado, gnaisses com anfibolitos associados, que apresentam estruturas com direções em torno de N-S,

coincidentes àquelas presentes nas rochas do Supergrupo Baixo Araguaia (Fig. 2). Esse conjunto de gnaisses destoa-ntes do Complexo Colméia foi denominado, por Souza *et al.* (1984), Gnaisses Cantão, cujas relações estratigráficas com as demais unidades presentes na área são apresentadas resumidamente no Quadro 1.

Além dos aspectos estruturais mencionados acima, foram verificadas outras diferenças entre o Complexo Colméia e o Gnaiss Cantão, com base nas características do Complexo Colméia observadas nos núcleos das estruturas dômicas Colméia, Cocalândia, Grota Rica e Xambioá, onde são mais bem visualizadas. Em geral, os gnaisses do Complexo Colméia são heterogêneos em escala de afloramento, e bastante deformados, apresentando xistosidade e bandamento penetrativos bem como estruturas migmatíticas de vários tipos. Esses gnaisses são essencialmente trondhjêmíticos com tipos graníticos subordinados (Santos *et al.* 1984, Teixeira *et al.* 1984). O Gnaiss Cantão, por sua vez, é formado por rochas bastante homogêneas em escala de afloramento, que exibem xistosidade bem marcada e bandamento muito incipiente, além de freqüentes e abundantes megacrístais de microclina, deformados em conformidade com a xistosidade existente. Em relação a sua composição mineralógica, Souza *et al.* (1984) dividiram-no em dois grupos distintos, sendo aquele predominante granítico e o outro granodiorítico.

Nos estudos realizados por Costa (1980) sobre o Complexo Colméia, foram enfatizados os aspectos ligados a sua evolução estrutural. Santos (1983) e Teixeira (1984) descrevem as principais características petrográficas e químicas desses gnaisses e discutem sua petrologia. Sendo o Gnaiss Cantão uma unidade recém-definida, este trabalho visa não só apresentar suas feições petrográficas e químicas como também aprofundar a discussão sobre sua evolução petrológica.

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

Figura 1 – Mapa de localização da área estudada, segundo Souza et al. (1984)

Quadro 1 – Coluna crono-lito-estratigráfica da área, adaptada de Souza et al. (1984)

PERÍODO	UNIDADE LITO-ESTRATIGRÁFICA	DESCRIÇÃO LITOLÓGICA
Quaternário	Cobertura sedimentar do Terciário-Quaternário	Areia, cascalho e esporádicos sedimentos argilosos. Depósitos fluviais: lateritas ferruginosas locais.
	Discordância	
	Conglomerado Cipó	Matações, blocos e seixos composicionalmente variados em matriz silício-argilosa não carbonática.
	Discordância	
	Formação Pimenteiras	Arenitos finos com tubos de vermes e estratificação cruzada acanalada de pequeno porte: folhelhos de cores variadas.
Super Grupo Baixo Araguaia	Discordância	
	Corpos Ultramáficos Metamorfizados	Serpentinitos; talco-clorita xistos (talco)-clorita-tremolita/actinolita xistos; antofilita xistos; esteatitos; "alexistitos".
	Formação Xambioá	Plagioclásio-quartzo-mica xistos; plagioclásio-quartzo-mica xistos com granada; lentes de plagioclásio-quartzo-calcio xistos e mármore.
	Formação Morro do Campo	Quartzitos; muscovita-quartzo xistos; lentes de grafita-muscovita-quartzo xistos.
Médio Proterozóico	Discordância	
	Gnaiss Cantão	Hornblenda-biotita gnaisses; biotita gnaiss; muscovita-biotita gnaisses, anfibolitos associados.
Arqueana	Discordância	
	Complexo Colméia	Biotita gnaisses; migmatitos.

RELAÇÕES DE CAMPO O Gnaiss Cantão acha-se amplamente distribuído no extremo norte da Serra do Estrondo (GO) e ocorre geralmente no interior das estruturas dômicas Cantão, Rio Jardim e Rio Cunhã, embora seja

Figura 2 – Mapa geológico do extremo norte da Serra do Estrondo (GO), adaptado de Souza et al. (1984)

encontrado também em outras partes dessa região, onde não foram configuradas estruturas dômicas (Fig. 2). Conforme Souza *et al.* (1984), existe uma discordância estrutural entre o Gnaiss Cantão e o Complexo Colméia, a qual é evidenciada pela existência, nesse último, de foliações e de duas gerações de dobras de direções aproximadamente E-W, ausentes no Gnaiss Cantão, cujas estruturas são submeridianas. Por outro lado, a relação de contato entre o Gnaiss Cantão e o Supergrupo Baixo Araguaia, cujas estruturas são igualmente submeridianas, também é discordante, uma vez que a colocação desses gnaisses afetou as rochas do Grupo Estrondo (Souza *et al.* 1984).

O Gnaiss Cantão possui xistosidade (S*1) orientada submeridianamente, mergulhando ora para nordeste, ora para sudeste. Ressalte-se, no entanto, que, embora partes dos núcleos das estruturas dômicas estejam recobertas por sedimentos e seu estudo estrutural seja dificultado, percebe-se a tendência da xistosidade desses gnaisses de amoldar-se ao contorno das estruturas dômicas, assumindo, assim, outras direções. A xistosidade S*1 é, de modo geral, definida pela orientação preferencial dos cristais de quartzo, feldspatos e micas, e também dos megacristais de microclina. Nos gnaisses inequigranulares, as micas contornam os megacristais, que se mostram deformados, assumem a forma de *augens* e fazem com que essas rochas apresentem estruturas oftalmíticas no sentido de Mehnert (1971) e sombras de pressão. A xistosidade S*1 desenha, por vezes, dobras centimétricas (D*1), cujos planos axiais estão orientados na direção NNE-SSW e mergulham fracamente para ESE. Encontra-se afetada, ainda, por microdobramentos assimétricos (D*2), de ápices espessados, e transposta pela superfície S*2 (clivagem de crenulação). Em algumas de suas exposições, esses gnaisses exibem veios quartzo-feldspáticos e desenham, às vezes, estruturas ptigmáticas similares às descritas em Mehnert (1971) e raros *schlierens* de biotita.

PETROGRAFIA Com base na composição mineralógica, Souza *et al.* (1984) dividiram o Gnaiss Cantão em dois grandes grupos de rochas. O primeiro deles é granodiorítico e rico em máficos, sendo designado abreviadamente por Hb-Bt Gns Grd, encontrando-se próximo aos contatos com o Complexo Colméia e com a Formação Morro do Campo. O segundo grupo, amplamente dominante na área, faz contato com a Formação Morro do Campo e, localmente, com o Complexo Colméia e Formação Xambioá. Foi subdividido em biotita gnaisses monzograníticos (Bt Gns Gr), muscovita-biotita gnaisses monzograníticos (Mv-Bt Gns Gr), subgrupos predominantes e muscovita-biotita gnaisses sienograníticos (Mv-Bt Gns SGr). Duas amostras (AC-22 A e FC-44) não se enquadram perfeitamente em nenhum dos subgrupos. A primeira delas apresenta maiores afinidades com o subgrupo dos Bt Gns Gr, ao passo que a segunda é bastante similar, mineralogicamente, às amostras do subgrupo dos Mv-Bt Gns SGr.

Conforme pode ser visto na tabela 1 e nos diagramas Q-A-P e Q-(A+P)-M' (Fig. 3), há uma nítida separação entre os dois grandes grupos de gnaisses no que diz respeito à mineralogia. A projeção dos pontos representativos das amostras no diagrama Q-A-P (Fig. 3) revela, ainda, que os dois subgrupos de gnaisses monzograníticos não acusam nenhuma separação nítida entre si. A amostra AC-26 (ponto 6) incide no campo dos sienogranitos, embora sua

composição química se aproxime mais daquelas dos monzogranitos, como ainda se verá. Em relação às amostras de Mv-Bt Gns SGr, verifica-se que a amostra FC-39 (ponto 14) incide no campo dos quartzo-sienitos e a amostra AC-31 (ponto 15) no limite desse campo com o dos sienogranitos. A amostra FC-44 (ponto 17) é locada no campo dos sienogranitos próximo ao limite com o dos quartzo-sienitos e monzogranitos. As análises modais e a projeção dos pontos no diagrama Q-A-P sugerem que esse subgrupo represente uma transição de gnaisses sienograníticos para quartzo-sieníticos. No entanto, as análises químicas de tais amostras (discutidas adiante, ver Tab. 2) revelaram composições graníticas e, por essa razão, preferiu-se designar esse subgrupo como gnaisses sienograníticos. A ligeira discrepância entre as análises químicas e modais pode ser devida à menor homogeneidade dessas amostras, nas quais se destacam, com frequência, concentrações de microclina, que acarretam menor representatividade das lâminas delgadas analisadas.

Figura 3 — Diagramas triangulares Q-A-P e Q-(A+P)-M' (Streckeisen 1976) mostrando a projeção das amostras do Gnaiss Cantão, Serra do Estrondo (GO)

Em relação aos minerais ferromagnesianos, verifica-se no diagrama Q-(A+P)-M' (Fig. 3) e na tabela 1 que nos Hb-Bt Gns Grd sua porcentagem média (> 15%) é bem mais elevada que nas demais rochas. Os Mv-Bt Gns SGr e afins se destacam claramente em função de seus baixos valores de M' (< 5%).

Observando-se em conjunto a distribuição dos pontos representativos das amostras do Gnaiss Cantão no diagrama Q-A-P percebe-se um nítido *trend* de variação composicional, que passa gradualmente de rochas granodioríticas para monzograníticas e sienograníticas. Esse aumento na razão feldspatos alcalinos/plagioclásios é acompanhado, no diagrama Q-(A+P)-M', pela diminuição dos valores de M' e aumento de (A+P).

Os gnaisses granodioríticos exibem coloração acinzentada e granulação variando de fina a média, podendo ocorrer, por vezes, raros megacristais de microclina. Os gnaisses graníticos são, por sua vez, de coloração rosada e apresentam granulação variando de fina e média nos tipos equigranulares e de média a grossa nos inequigranulares. Nestes

sobressaem os megacristais de microclina, cujas dimensões podem atingir até 1 cm.

O estudo microscópico revelou que os dois grupos possuem textura lepidó-granoblástica. Os contatos entre os vários minerais são em geral retilíneos e, até mesmo, poligonizados, chegando a se observar pontos tríplices e texturais em mosaico (Fotomicrografia 1). Nos tipos inequigranulares, é comum o desenvolvimento de sombras de pressão e a neoformação de cristais em zonas adjacentes aos megacristais deformados de microclina. Texturas mirmequíticas são uma feição muito comum em todas as amostras, embora mais frequentes naquelas inequigranulares (Fotomicrografia 2). Assemelham-se, muitas vezes, à mirmequita bulbosa de Phyllips & Carr (1973).

Os constituintes mineralógicos essenciais do Gnaiss Cantão são quartzo, microclina e plagioclásio. O mineral varietal onipresente é a biotita, que é acompanhado por

quantidades variáveis de hornblenda, nos gnaisses granodioríticos, e de muscovita nos graníticos. Os minerais acessórios mais frequentes nos Hb-Bt Gns Grd são titanita e epidoto. A apatita destaca-se nos Bt Gns Gr, Mv-Bt Gns Gr e Mv-Bt Gns SGr. Além dos já mencionados, zircão e opacos são comuns aos dois grupos, porém ocorrem em quantidades bem menores.

O quartzo se apresenta, em geral, em cristais xenoblásticos intensamente fraturados e com extinção ondulante. Ocorre também como gotas, bastões e vermes inclusos nos feldspatos ou, ainda, em cristais poligonizados nas zonas de sombras de pressão. A microclina desenvolve cristais xenoblásticos a subidioblásticos, com maclamento albita-periclina muito nítido e extinção ondulante. Os megacristais de microclina caracterizam-se por apresentar fraturas oblíquas e ortogonais à foliação dos gnaisses (Fotomicrografia 3), as quais se acham, por vezes, preenchidas pelos de-

Tabela 1 – Composições modais do Gnaiss Cantão (%vol.), Serra do Estrondo (GO)

Ref. Nº	Hb-Bt Gns Grd						Bt Gns Gr						Mv-Bt Gns Gr				Mv-Bt Gns SGr			Outros	
	FC-40 1	FC-127 2	FC-36 3	FC-34 4	FC-51 5	MÉDIA	AC-26 6	FC-89 7	FC-26 8	FC-54 9	FC-103 10	MÉDIA	FC-30 11	FC-68 12	FC-29 13	MÉDIA	FC-39 14	AC-31 15	MÉDIA	AC-22A 16	FC-44 17
Qz	18,00	20,56	19,44	22,67	21,56	20,45	22,62	19,73	22,20	17,99	20,00	20,51	20,56	24,60	19,89	21,68	13,00	18,87	15,93	23,00	20,83
Mic	15,61	15,11	21,78	20,34	22,22	19,01	43,50	34,55	35,00	40,23	41,30	38,93	33,11	36,23	40,22	36,52	68,71	60,85	64,78	30,60	51,17
Pl	42,39	44,33	41,56	40,56	45,89	42,95	17,25	29,89	33,60	29,86	29,08	27,94	31,00	21,35	25,89	26,08	14,71	14,71	14,71	35,80	25,17
Bt	15,30	15,11	13,44	14,78	7,78	13,28	12,38	13,72	8,60	10,30	8,80	10,76	11,00	8,44	8,67	9,37	1,71	4,14	2,92	9,80	2,83
Hb	3,90	2,22	2,44	—	1,00	1,91	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Mv	—	—	—	0,87	—	0,17	2,50	0,89	0,20	0,86	0,62	1,01	4,08	9,22	5,00	6,10	1,29	1,29	1,29	0,60	—
Acess	4,80	2,67	1,34	0,78	1,55	2,23	1,75	1,22	0,40	0,71	0,20	0,86	0,25	0,16	0,33	0,25	0,58	0,14	0,36	0,20	—
An?	24-25	*	*	*	*	...	*	12-18	15-18	16-18	17	...	13-17	14-17	15-16	...	*	15	...	*	14-16

*Amostras em que não foi possível determinar opticamente a composição do plagioclásio.

Tabela 2 – Composições químicas de amostras do Gnaiss Cantão (% peso), Serra do Estrondo (GO)

Ref. Nº	Hb-Bt Gns Grd						Bt Gns Gr						Mv-Bt Gns Gr				Mv-Bt Gns SGr			Outros	
	FC-40 1	FC-127 2	FC-36 3	FC-34 4	FC-51 5	MÉDIA	AC-26 6	FC-89 7	FC-26 8	FC-54 9	FC-103 10	MÉDIA	FC-30 11	FC-68 12	FC-29 13	MÉDIA	FC-39 14	AC-31 15	MÉDIA	AC-22A 16	FC-44 17
SiO ₂	63,90	66,30	66,30	67,90	70,10	66,90	67,50	71,20	72,80	70,80	73,20	71,10	72,80	72,80	72,80	73,00	72,80	75,20	74,00	74,60	76,00
TiO ₂	1,01	0,87	0,61	0,66	0,52	0,73	0,40	0,41	0,24	0,27	0,26	0,32	0,22	0,33	0,17	0,24	0,19	0,15	0,17	0,12	0,05
Al ₂ O ₃	14,40	14,00	14,20	14,10	13,80	14,10	15,70	13,60	13,40	14,80	13,80	14,20	14,00	13,20	14,00	13,70	13,70	12,80	13,20	13,70	13,40
Fe ₂ O ₃	2,30	1,59	1,40	1,48	1,18	1,59	0,76	1,08	0,56	0,38	0,41	0,64	0,74	1,04	0,61	0,80	0,79	0,13	0,46	0,11	0,11
FeO	4,47	4,17	3,33	3,37	2,57	3,58	2,35	2,02	1,81	1,77	1,24	1,84	1,36	2,35	1,23	1,65	0,94	1,17	1,06	0,97	0,42
MnO	0,07	0,09	0,06	0,04	0,03	0,06	0,03	0,03	0,02	0,02	0,02	0,02	0,03	0,04	0,02	0,03	0,01	0,01	0,01	0,02	0,01
MgO	1,29	1,07	1,09	0,94	0,75	1,03	0,67	0,72	0,53	0,44	0,62	0,60	0,64	0,94	0,43	0,67	0,14	0,20	0,17	0,30	0,11
CaO	3,31	2,85	2,74	2,35	2,00	2,65	1,73	1,41	1,40	1,63	1,23	1,48	0,75	0,84	1,08	0,89	0,84	0,71	0,78	1,52	1,04
Na ₂ O	3,55	3,48	3,67	4,20	3,61	3,70	3,92	3,40	3,48	3,86	3,86	3,70	3,50	2,63	3,40	3,18	3,14	2,94	3,04	3,80	3,59
K ₂ O	3,65	3,68	3,92	2,98	4,24	3,69	5,06	4,38	4,62	4,76	4,47	4,66	5,52	4,97	4,42	4,97	7,12	5,55	6,34	4,24	4,82
P ₂ O ₅	0,36	0,31	0,23	0,25	0,22	0,27	0,19	0,17	0,08	0,13	0,09	0,13	0,09	0,10	0,08	0,09	0,08	0,03	0,06	0,05	0,03
P.F.	0,46	0,50	0,39	0,42	0,42	0,44	0,46	0,54	0,37	0,45	0,58	0,48	0,26	0,16	0,88	0,77	0,23	0,36	0,30	0,24	0,36
Total	98,77	98,91	97,94	98,69	99,44	98,74	98,77	98,96	99,31	99,31	99,78	99,17	99,95	99,99	99,52	99,79	99,98	99,25	99,59	99,67	99,94
Rb	153	146	142	178	162	156	261	147	187	223	151	194	246	272	232	250	291	251	271	137	157
Sr	279	202	240	226	202	230	226	162	199	202	290	212	121	59	154	107	163	83	123	388	151
Zr	527	498	439	421	326	442	274	309	193	207	211	239	172	239	151	187	161	49	105	112	84
Y	81	50	31	36	24	38	25	37	15	24	11	22	20	28	32	27	26	11	18	10	17
Rb/Sr	0,55	0,72	0,59	0,79	0,79	0,69	1,15	0,91	0,94	1,10	0,55	0,93	2,29	4,61	1,51	2,80	1,79	3,02	2,40	0,35	1,21
K/Rb	199	209	229	139	217	198	161	247	205	177	246	207	187	152	157	166	203	184	194	257	255

Obs.: Teores de elementos-traços expressos em ppm.

Prancha 1 – Fotomicrografia 1 - Cristais de quartzo, microclina e plagioclásio apresentando textura em mosaico e vários pontos triplíceis. Mv-Bt Gnaiss Sienogranítico (FC-39), com nicóis cruzados; Fotomicrografia 2 – Megacristais de microclina apresentando, em sua bora, texturas mirmequíticas e/ou afins. Hb-Bt Gnaiss granodiorítico (FC-51), com nicóis cruzados; Fotomicrografia 3 – Megacristais de microclina intensamente deformado, com fendas de tensão e evidências, de neoformação de grãos menores em sua borda e em seu interior. Bt Gnaiss monzogranítico (FC-89), com nicóis cruzados.

mais minerais essenciais. Frequentemente exibem pertitas pouco abundantes e de formas variáveis, e, às vezes, parecem englobar cristais xenoblásticos de plagioclásio e quartzo. Alguns megacristais de microclina são constituídos, na realidade, por agregados de pequenos cristais recrystalizados desse mineral. O plagioclásio apresenta cristais xenoblásticos a subidioblásticos, com extinção ondulante e maclas do tipo albita e albita-Carlsbad. Nos gnaisses granodioríticos, sua composição encontra-se quase sempre no domínio do oligoclásio cálcico (An_{21-25}) enquanto nos gnaisses graníticos ela corresponde a oligoclásio sódico (An_{12-18}). Nos dois grupos de gnaisses foram frequentemente encontrados cristais de plagioclásio exibindo zonamento inverso. Naqueles granodioríticos, ele é raro e mal marcado. Quando se pôde determinar as composições das várias zonas, foram obtidos An_{22-25} nas bordas e An_{17-18} nos centros. Nos gnaisses graníticos, o zonamento inverso é mais nítido e a composição do plagioclásio varia de An_{17-18} nas bordas a An_{15-16} ou, às vezes, An_{10} nos centros. Alguns cristais de plagioclásio, quando em contato direto com a microclina, mostram inclusões de quartzo com formato de gotas e bastões. Em alguns contatos de plagioclásio com microclina ocorrem bordas albiticas descontínuas e mirmequitas. As micas (biotita e muscovita) ocorrem como lamelas subidioblásticas, que produzem seções grosseiramente retangulares, as quais se encontram entremeadas, sendo seus contatos bruscos e retilíneos. A biotita exibe pleocroísmo intenso, variando de marrom-escuro e, às vezes, verde-musgo (Z e Y) a castanho-claro (X). A hornblenda forma prismas subidioblásticos a xenoblásticos e apresenta pleocroísmo forte, variando de verde-oliva (Z e Y) a verde-amarelado-pálido

(X). Seu ângulo de extinção varia entre 20° e 28° e o ângulo 2V oscila entre 20° e 30° .

O Gnaiss Cantão apresenta vários aspectos texturais que traduzem a ação dos processos termotectônicos que atuaram na região. O fato de os megacristais de microclina encontrarem-se achatados e orientados paralelamente à xistossidade S^*1 , e com fraturas quase perpendiculares a essa foliação, evidencia que os megacristais são anteriores à mesma, tendo sido deformados durante a geração dessa foliação. Essa interpretação é reforçada pela existência de sombras de pressão e de neoformação de minerais nas adjacências dos *augens* produzidos na ocasião. As texturas polygonizadas e em mosaico resultam de esforços de tensão interfaciais, reinantes durante um processo de recrystalização mineral no estado sólido (Spry 1969). Essa recrystalização seria o produto de difusão de partículas em decorrência da modificação das condições físico-químicas do sistema durante um processo metamórfico regional (Bard 1980).

Uma outra feição observada em plagioclásios de diferentes variedades do Gnaiss Cantão é o zonamento inverso. O desenvolvimento dessa feição pode ser explicado pelo crescimento dos cristais durante um metamorfismo progressivo, em que o aumento da temperatura regional seria suficientemente rápido a ponto de não permitir que reações minerais feitas por difusão lenta se completassem (Barth, *in* Smith 1974). Destaca-se, ainda, nos gnaisses estudados o desenvolvimento de mirmequitas nos contatos entre cristais de plagioclásio e microclina (principalmente aos megacristais dessa). Smith (1974) e Phyllips (1974) discutem as hipóteses para explicar a formação de mirmequitas, até as texturalmente análogas às encontradas no Gnaiss Cantão,

concluindo ser a hipótese de exsolução no estado sólido a mais aceitável. Ao estudar a formação de mirmequitas na borda de megacrístais deformados de feldspato potássico em ortogneisses, num contexto portanto muito semelhante ao do Gnaiss Cantão, Vidal (1978), entretanto, adotou uma hipótese envolvendo um mecanismo misto, que consiste em uma combinação de substituição de feldspato potássico por plagioclásio com englobamento simultâneo de grãos de quartzo da matriz. Esse mecanismo estaria, segundo Vidal (1978), intimamente relacionado à deformação dos gnaisses e, mais particularmente, de seus megacrístais, não sendo aplicável em outras condições.

Levando em consideração as feições apresentadas pelos gnaisses estudados (xistosidade S*1, dobras D*1 e microdobras D*2), assim como sua textura lepidó-granoblástica, a presença de *augens* deformados de microclina, zonas de sombras de pressão, contatos polygonizados dos minerais, o zonamento inverso do plagioclásio, as evidências de recristalização de minerais e a abundância de mirmequitas, pode-se concluir que essas rochas foram submetidas a intenso processo de deformação e metamorfismo. Segundo Souza *et al.* (1984), os registros deformacionais e metamórficos encontrados no Gnaiss Cantão e nas rochas que compõem o Supergrupo Baixo Araguaia sugerem que seus processos geradores foram contemporâneos, sendo esta hipótese admitida neste trabalho.

Figura 4 – Mapa de distribuição das amostras selecionadas para análises químicas

QUIMISMO A figura 4 mostra a localização das amostras representativas das variedades do Gnaiss Cantão, selecionadas para análises químicas, e cujos resultados se encontram na tabela 2. A partir das composições médias podem-se perceber diferenças expressivas entre os grupos e subgrupos de rochas caracterizados na petrografia, embora as composições de amostras isoladas se interdigitem e as passagens de um a outro sejam gradacionais. As diferenças menos marcantes são entre os gnaisses monzograníticos, que confirmam a conclusão a que se chegou nas análises modais.

Observando-se o conjunto das amostras nos diagramas de variação de Harker (Fig. 5), percebe-se uma tendência nítida para a diminuição das porcentagens de TiO_2 , ($\text{FeO} + \text{Fe}_2\text{O}_3$), MgO e CaO no sentido dos Hb–Bt Gns Grd para os Bt Gns Gr, Mv–Bt Gns Gr e Mv–Bt Gns SGr. Os teores de K_2O e SiO_2 aumentam acentuadamente nesse mesmo sentido enquanto os de Na_2O decrescem muito moderadamente, estabilizando-se em torno de 3%. A comparação entre esses dados e as análises modais mostra claramente que essas variações químicas estão diretamente relacionadas com a diminuição do teor de máficos e com o aumento da razão feldspato potássico/plagioclásio que se verifica no sentido indicado.

As projeções dos pontos representativos das amostras no diagrama A–F–M (Fig. 6) revela um nítido *trend* de variação, com acentuada diminuição de F e M, compensada pelo aumento de A no sentido dos Hb–Bt Gns Grd para os Mv–Bt Gns SGr, passando pelas variedades monzograníticas. Ademais, constata-se clara separação entre os

Figura 5 – Diagramas de variação de Harker mostrando o comportamento de amostras do Gnaiss Cantão, Serra do Estrondo (GO). Simbologia conforme a figura 3

dois grupos de gnaisses distinguidos, separação esta que é menos marcante entre os subgrupos de gnaisses monzograníticos. Nota-se que as amostras AC-22A e FC-44 são as que se situam mais próximas do vértice A do diagrama.

As normas CIPW desses gnaisses (Tab. 3) mostram que as principais variações químicas observadas se refletem muito bem nas porcentagens normativas de anortita, no total de constituintes máficos, na composição do plagioclásio normativo e nas razões Or/Ab e Ab/An. Os três primeiros decrescem no sentido Hb-Bt Gns Grd a Mv-Bt Gns SGr, ao passo que as duas últimas crescem. É notável a presença de diopsídio e conseqüente ausência de coríndon em três amostras dos gnaisses granodioríticos. Nas restantes, o coríndon normativo ocorre em proporções variáveis, quase sempre inferiores a 1%. Um dos gnaisses sienograníticos (FC-39) apresenta diopsídio normativo, fato que pode ser explicável por seu teor muito elevado de K_2O , com Al_2O_3 sendo consumido quando da formação do Or. Existe, evidentemente, um claro paralelismo entre as variações de minerais normativos e os valores de M' obtidos nas análises modais, assim como entre a anortita e plagioclásios normativos e a razão modal feldspato alcalino/plagioclásio.

O diagrama Ab-Or-An (Fig. 7) revela mais claramente a tendência observada nas normas, no sentido da diminuição de An e do aumento da razão Or/Ab ao se passar dos Hb-Bt Gns Grd aos Mv-Bt Gns SGr. Nesse diagrama, os grupos e subgrupos de gnaisses se separam claramente. Observando-se o conjunto de pontos representativos das amostras do Gnaiss Cantão projetados nos diagramas A-F-M e Ab-Or-An, verifica-se que eles configuram um nítido *trend* de variação coincidente com o *trend* normal de diferenciação de rochas ígneas ácidas.

No diagrama Q-Ab-Or (Fig. 7), nota-se que, *grosso modo*, os gnaisses granodioríticos são mais enriquecidos em Ab e que os sienograníticos são mais ricos em Or, porém a separação entre as variedades não é nítida e, como costuma ocorrer nesse diagrama, não se visualiza nenhum *trend*, com

os pontos representativos do conjunto dos gnaisses se concentrando em torno do máximo para as rochas graníticas (Tuttle & Bowen 1958, Winkler 1977).

No diagrama triangular Na_2O-K_2O-CaO (Fig. 6), as amostras dos gnaisses apresentam comportamento semelhante ao observado no diagrama Ab-Or-An. No primeiro, foram lançados os campos composicionais de algumas rochas ígneas comuns e de grauvas arqueanas, extraídos de Condie (1967). As amostras dos gnaisses granodioríticos encontram-se no interior do campo dos granodioríticos enquanto as dos vários subgrupos de gnaisses graníticos situam-se no campo dos granitos (exceto a amostra FC-39), sendo bastante nítida a separação dos dois grandes grupos. Entre os gnaisses graníticos, os Bt Gns Gr estão bem concentrados, ao contrário dos demais. A amostra FC-34 (Hb-Bt Gns Grd) encontra-se bastante afastada das restantes e, embora ainda esteja contida no campo dos granodioritos, adentra consideravelmente no de grauvas arqueanas. Esse fato pode ser explicado por seu elevado conteúdo em Na_2O e mais reduzido em K_2O , feição que a distingue dos demais gnaisses. Ressalte-se ainda que a relação desses dois óxidos faz com que a amostra FC-51 incida, nesse diagrama, no campo dos granitos.

Na tabela 2 são fornecidos os teores de alguns elementos-traços (Rb, Sr, Zr e Y) bem como as razões Rb/Sr e K/Rb de amostras do Gnaiss Cantão. Verifica-se, de modo geral, um aumento nos teores de Rb e uma diminuição dos de Sr, Zr e Y no sentido dos gnaisses granodioríticos para os sienograníticos. As variações de Rb e Sr parecem ligadas fundamentalmente às diferenças nas razões plagioclásio/feldspato alcalino e ao teor de anortita do plagioclásio modal existentes nas variedades de gnaisses. Ao que parece, o Rb está ligado de preferência ao K do feldspato alcalino e o Sr, ao Ca do plagioclásio. Outras substituições devem ter papel subordinado. As variações de Zr e Y parecem diretamente ligadas às dos minerais máficos. A diminuição desses deve ser acompanhada pelo zircão, principal mineral de Zr,

Figura 6 - Diagramas triangulares A-F-M e $CaO-Na_2O-K_2O$ mostrando a variação composicional de amostras do Gnaiss Cantão. Simbologia conforme figura 3

Figura 7 - Diagramas normativos Ab-Or-An e Q-Ab-Or mostrando a variação composicional de amostras do Gnaiss Cantão. Simbologia conforme figura 3

Tabela 3 – Normas C.I.P.W. de amostras do Gnaiss Cantão (% peso), Serra do Estrondo (GO)

Ref. Nº	Hb-Bt Gns Grd						Bt Gns Gr						Mv-Bt Gns Gr				Mv-Bt Gns SGr			Outros	
	FC-40 1	FC-127 2	FC-36 3	FC-34 4	FC-51 5	MÉDIA	AC-26 6	FC-89 7	FC-26 8	FC-54 9	FC-103 10	MÉDIA	FC-30 11	FC-68 12	FC-29 13	MÉDIA	FC-39 14	AC-31 15	MÉDIA	AC-22A 16	FC-44 17
Q	19,80	23,35	22,06	25,00	27,04	23,43	20,12	30,52	30,43	25,46	29,86	27,30	28,38	34,46	32,55	32,05	25,53	34,68	29,90	32,22	34,24
Or	21,94	22,10	23,75	17,92	25,30	22,18	30,42	26,32	27,61	28,47	26,64	27,90	32,76	29,62	27,68	29,65	42,21	33,17	37,73	25,20	28,61
Ab	30,56	29,92	31,83	36,16	30,84	31,84	33,74	29,25	29,77	33,06	32,94	31,72	29,74	22,44	29,17	27,16	26,65	25,16	25,90	32,34	30,51
An	12,63	11,76	11,05	10,20	8,57	11,10	7,47	5,98	6,49	7,33	5,56	6,58	3,15	3,54	4,90	3,86	2,16	3,36	3,50	7,26	4,99
C	—	—	—	0,27	0,14	—	1,06	1,08	0,30	0,62	0,58	0,73	1,07	2,17	1,67	1,70	—	0,74	0,08	0,18	0,43
Di	1,37	0,46	1,13	—	—	0,40	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	1,27	—	—	—	—
Hy	7,44	7,63	6,36	6,40	4,86	6,64	4,83	4,06	3,86	3,67	3,12	3,90	3,19	5,37	2,62	8,73	0,48	2,34	1,74	2,29	0,89
Mt	3,39	2,34	2,08	2,18	1,73	2,34	1,12	1,59	0,82	0,56	0,60	0,94	1,08	1,52	0,90	1,17	1,15	0,19	0,67	0,16	0,16
Il	1,95	1,68	1,19	1,28	1,00	1,41	0,77	0,79	0,46	0,52	0,50	0,62	0,42	0,63	0,33	0,46	0,36	0,29	0,33	0,23	0,10
Ap	0,87	0,75	0,56	0,60	0,53	0,65	0,46	0,41	0,19	0,31	0,21	0,31	0,21	0,24	0,19	0,22	0,19	0,07	0,14	0,12	0,07
FELS.	84,99	87,14	88,68	89,54	91,89	88,55	92,81	93,15	94,66	94,94	95,57	94,23	95,10	92,24	95,97	94,42	96,54	97,11	97,12	97,20	98,78
MAF.	15,01	12,86	11,32	10,46	8,11	11,45	7,19	6,85	5,34	5,06	4,43	5,77	4,90	7,76	4,03	5,58	3,46	2,89	2,88	2,80	1,22
Q	27,39	30,98	28,41	31,61	32,51	—	23,87	35,45	34,69	29,27	33,39	—	31,23	39,83	36,41	—	27,05	37,29	—	35,90	36,68
Ab	42,27	39,70	41,00	45,73	37,08	—	40,03	33,98	33,88	38,00	36,83	—	32,72	25,94	32,63	—	28,23	27,05	—	36,03	32,68
Or	30,35	29,32	30,59	22,66	30,42	—	36,09	30,57	31,42	32,73	29,78	—	36,05	34,24	30,96	—	44,72	35,66	—	28,03	30,64
An	19,45	18,44	16,58	15,87	13,24	—	10,43	9,72	10,16	10,64	8,53	—	4,80	6,37	7,93	—	3,04	5,45	—	11,20	7,73
Ab	46,89	46,91	47,77	56,25	47,66	—	47,10	47,52	46,61	48,01	50,57	—	45,30	40,36	47,24	—	37,52	40,78	—	49,91	47,59
Or	33,66	34,65	35,64	27,88	39,09	—	42,47	42,76	43,23	41,34	40,90	—	49,90	53,27	44,83	—	59,43	53,77	—	38,89	44,63
Ab/An	2,41	2,54	2,83	3,54	3,60	—	4,52	4,89	4,59	4,51	5,92	—	9,44	6,34	5,96	—	12,34	7,42	—	4,45	6,11
Or/Ab	0,72	0,74	0,75	0,50	0,82	—	0,90	0,90	0,93	0,86	0,81	—	1,10	1,32	0,95	—	1,58	1,32	—	0,78	0,94
An ₇	29,32	28,22	25,77	22,00	21,75	—	18,13	16,97	17,90	18,15	14,44	—	9,58	13,63	14,38	—	7,50	11,78	—	18,33	14,06

e dos minerais portadores de cálcio, com o qual o Y tem maiores afinidades.

Em consequência das variações apresentadas pelos teores de Rb e Sr, a razão Rb/Sr tende a ser mais elevada nas rochas graníticas e mais acentuadamente nos Mv-Bt Gns Gr e Mv-Bt Gns SGr. O Gnaiss Cantão apresenta valores médios da razão Rb/Sr superiores aos de rochas ígneas de composições químicas similares, apresentadas em Faure & Powell (1972, Tab. 14) e Rösler & Lange (1972, Tab. 95). As razões K/Rb variam entre 139 e 257, sendo que sua média é 201. Segundo Taylor (1965) e Wedepohl (1972), a média dessa razão em rochas ígneas da crosta sílica é 230, sendo considerados normais valores inclusos no intervalo de 150 a 300, no qual está situada a totalidade das amostras estudadas, exceto uma (FC-34), possuidora de reduzido conteúdo em K₂O. O comportamento da razão K/Rb no Gnaiss Cantão é mostrado mais claramente na figura 8. Nela verifica-se que os gnaisses granodioríticos e sienograníticos tendem a se separar dos demais ao passo que os subgrupos de gnaisses monzograníticos não mostram nítida separação entre si. O aumento do teor de K₂O verificado no sentido gnaisses granodioríticos aos sienograníticos tende a ser equilibrado pelo do Rb, fazendo com que as razões K/Rb não variem de modo muito expressivo.

Comparando-se as composições químicas médias de granodioritos, granitos e adamelitos fornecidos por Nockolds (1954) e as das variedades do Gnaiss Cantão (Tab. 4), são verificadas grandes similaridades entre as rochas de mesma classificação e as que contêm os mesmos minerais varietais. As semelhanças existentes são tanto entre óxidos como em razões diversas, como, por exemplo, Al₂O₃/(CaO+Na₂O+K₂O), Na₂O/K₂O e Fe₂O₃/FeO. Por outro lado, ao se

Tabela 4 – Composições químicas médias de algumas rochas ígneas (Nockolds 1954) e das variedades de rochas do Gnaiss Cantão (% peso)

	A*	B*	C	D*	E*	F	G	H*	I*	J
SiO ₂	65,50	68,97	66,90	71,03	71,86	71,10	72,80	73,28	71,59	74,00
TiO ₂	0,61	0,45	0,73	0,39	0,30	0,32	0,24	0,30	0,31	0,17
Al ₂ O ₃	15,65	15,47	14,10	14,31	14,73	14,20	13,70	13,33	14,69	13,20
Fe ₂ O ₃	1,63	1,12	1,59	0,95	0,64	0,64	0,80	0,87	0,56	0,46
FeO	2,79	2,05	3,58	1,96	1,61	1,84	1,65	1,38	1,56	1,06
MnO	0,09	0,06	0,06	0,06	0,04	0,02	0,03	0,05	0,07	0,01
MgO	1,86	1,15	1,03	0,75	0,67	0,60	0,67	0,50	0,54	0,17
CaO	4,10	2,99	2,65	1,89	1,51	1,48	0,89	1,17	1,23	0,78
Na ₂ O	3,84	3,69	3,70	3,33	3,18	3,70	3,18	2,96	2,97	3,04
K ₂ O	3,01	3,16	3,69	4,66	4,64	4,66	4,97	5,52	5,48	6,34
P ₂ O ₅	0,23	0,19	0,27	0,17	0,16	0,13	0,09	0,14	0,26	0,06
H ₂ O	0,69	0,70	0,44	0,50	0,66	0,48	0,77	0,50	0,69	0,30
Total	100	99,97	98,74	100	100	99,17	99,79	100	100	99,59

A) Hb-Bt granodioritos — média de 65 análises.

B) Bt granodioritos — média de 36 análises.

C) Hb-Bt gnaisses granodioríticos (Cantão) — média de 5 análises.

D) Bt adamelitos — média de 45 análises.

E) Mv-Bt adamelitos — média de 22 análises.

F) Bt gnaisses monzograníticos (Cantão) — média de 5 análises.

G) Mv-Bt gnaisses monzograníticos (Cantão) — média de 3 análises.

H) Bt granitos — média de 37 análises.

I) Mv-Bt granitos — média de 21 análises.

J) Mv-Bt gnaisses sienograníticos (Cantão) — média de 2 análises.

*Nockolds (1954)

compararem as composições dos gnaisses estudados com as das grauvacas arqueanas fornecidas por Condie (1967), Arth & Hanson (1975) e Pettijohn (1975), são notadas diferenças significativas tanto ao nível dos vários óxidos quanto nas razões entre eles.

Figura 8 — Diagrama K/Rb de amostras do Gnaiss Cantão. Simbologia conforme figura 3

Algumas feições químicas — tais como os teores de Na_2O , as relações moleculares $\text{Al}_2\text{O}_3/(\text{CaO}+\text{Na}_2\text{O}+\text{K}_2\text{O})$, o comportamento de diopsídio e coríndon normativos, e as variações nos diagramas em que foram lançadas as amostras do Gnaiss Cantão — sugerem uma maior analogia composicional dos mesmos com os granitos do tipo I e contrastes expressivos em relação aos do tipo S (Chappell & White 1974, Hine *et al.* 1978). Como os primeiros são considerados como gerados a partir da anatexia de rochas ígneas e os últimos, a partir da anatexia de rochas sedimentares, a analogia observada indica uma provável formação do Gnaiss Cantão a partir de rochas ígneas.

METAMORFISMO Dois eventos metamórficos principais foram caracterizados na região (Souza *et al.* 1984), sendo que o mais antigo, provavelmente de idade arqueana, conforme Costa (1980), afetou somente as rochas do Complexo Colméia. O segundo atuou quando da configuração da Faixa de Dobramentos Araguaia, tendo atingido, portanto, todas as rochas e sedimentos então existentes.

O conjunto de observações efetuadas no Gnaiss Cantão mostrou, segundo Souza *et al.* (1984), que durante o segundo evento metamórfico não houve desestabilização de suas paragêneses preexistentes ligadas à evolução magmática dessa unidade. Esses autores admitiram, ainda, que a escassez de veios e as variações graduais da composição de um grupo a outro eram sugestivas de que, pelo menos no atual nível de exposição da unidade, a anatexia não foi

intensa ou mesmo que ela não tenha acontecido. Nos anfibolitos associados ao Gnaiss Cantão observou-se a paragênese hornblenda + plagioclásio + clinopiroxênio + granada + epidoto. A presença quase constante de clinopiroxênio situa o metamorfismo da região em temperatura mais elevada do grau médio ou no grau forte, conforme Winkler (1977, Fig. 12.2), que corresponde às condições da fácies anfibolito alta (Turner 1968).

Em relação às condições físicas reinantes na ocasião desse evento metamórfico, Souza *et al.* (1984), com base em Winkler (1977, Fig. 7.4), estimaram temperaturas da ordem de $620^\circ\text{C} \pm 30^\circ\text{C}$. Admitiram, além disso, que todas as evidências diretas que permitiriam estabelecer as pressões atuantes não eram conclusivas, porém, com base nos dados disponíveis sobre os xistos do Grupo Estrondo e nas hipóteses de formação das estruturas dômicas, estimaram a pressão como sendo da ordem de 8 ± 1 kb.

A FORMAÇÃO DAS ESTRUTURAS DÔMICAS Várias estruturas dômicas alinhadas em direção aproximadamente N-S foram caracterizadas na Faixa de Dobramentos Araguaia, desde a região de Xambioá até as circunvizinhanças de Colméia.

Estruturas geológicas em forma de domos podem ser atribuídas a forças tangenciais (De Sitter 1964, Ramsay 1967, Talbot 1971) e a forças radiais (De Sitter 1964, Ramberg 1967, Talbot 1971) à superfície da Terra. O mecanismo de formação pela ação de forças tangenciais não produz, necessariamente, domos circulares ou semicirculares em planta, a não ser que o material rochoso seja submetido a um dobramento cruzado superimposto (Ramsay 1967). O mecanismo de formação pela ação de forças radiais, por seu turno, está invariavelmente associado com instabilidade gravitacional e tende a gerar estruturas com formato circular ou semicircular em planta. No caso de rochas graníticas, tal instabilidade seria proporcionada, conforme Ramberg (1967, 1972, 1973), por anatexia nos níveis mais profundos do corpo, provocando sua ascensão.

O alinhamento e a disposição em “cachos” de estruturas dômicas, tais como as existentes no contexto da faixa de dobramentos Araguaia, além de afastar a hipótese de origem por dobramentos cruzados, podem ser interpretados como evidências de instabilidade gravitacional em grande escala, conforme Salop (1971), Brun (1980) e Brun *et al.* (1981).

De acordo com Ramberg (1967), Soula & Borrel (1980) e Soula (1982), as estruturas dômicas originam-se por intrusão forçada de magma em grande parte cristalizado (*crystal-mush*), cujo contraste de viscosidade com as rochas encaixantes é o menor possível, de modo a produzir, nelas, intensas deformações do tipo arqueamento (Pitcher & Berger 1972, Pitcher 1979) e/ou “escamamento” (Salop 1971).

Feições estruturais e metamórficas similares às encontradas no extremo norte da Serra do Estrondo por Souza *et al.* (1984) são consideradas como sustentadores da hipótese de origem diapírica para estruturas dômicas (Stephansson & Johnson 1976, Brun 1977 e 1980, Brun *et al.* 1981, Soula 1982).

Os estudos estruturais efetuados por Abreu (1978) nas estruturas Xambioá e Lontra possibilitaram que ele as considerasse como geradas por intrusões graníticas ainda encobertas. Por sua vez, Costa (1980) relacionou a formação da estrutura dômica Colméia à remobilização do embasamento e à colocação de corpos graníticos não expostos na

área em questão. Santos *et al.* (1984), por outro lado, apoiando-se em dados estruturais e petrológicos, associaram a gênese das estruturas Xambioá e Lontra à remobilização do embasamento (Complexo Colméia), em decorrência do processo de fusão parcial de seus gnaisses de modo a torná-los menos densos, mais plásticos e móveis, possibilitando, assim, sua penetração diapírica nas rochas supracrustais por ocasião do clímax metamórfico associado ao processo deformacional atuante na região, no Ciclo Brasileiro.

Essa proposição de Santos *et al.* (1984) difere das de Abreu (1978) e Costa (1980) na medida em que dá ênfase ao diapirismo de gnaisses em oposição a intrusões graníticas como mecanismo gerador das estruturas dômicas.

Souza *et al.* (1984) admitiram, por sua vez, que numa quarta etapa do processo geral de configuração da faixa de dobramentos Araguaia, os esforços deformacionais progressivos, de caráter tangencial, e o metamorfismo regional associado criaram condições favoráveis para uma anaxia parcial de rochas situadas em níveis mais profundos (abaixo das supracrustais) e acentuaram desequilíbrios gravitacionais já existentes. Tais condições permitiram que corpos graníticos colocados anteriormente no Complexo Colméia — em função de um magmatismo ácido tardio ou pós-Ciclo Transamazônico, cuja idade é de aproximadamente 1.750 Ma., conforme isócrona Rb/Sr em rocha total obtida por Souza (1984) — ascendessem diapiricamente, deformassem as rochas existentes nos níveis superiores e gerassem as estruturas dômicas. Durante esse processo, os granitóides primitivos foram intensamente deformados e metamorfoseados, passando a constituir o Gnaiss Cantão.

Dentre as hipóteses apresentadas, as duas primeiras são bastante especulativas e remotas, já que nem nos núcleos das estruturas em questão, nem na faixa de dobramentos como um todo, dispõem-se de evidências de magmatismo granítico expressivo no atual nível de erosão. Quanto às duas hipóteses restantes, não há necessariamente oposição entre elas, uma vez que a geração de tais estruturas por ascensão diapírica ora dos gnaisses do Complexo Colméia e rochas associadas, ora do Gnaiss Cantão poderia acontecer em diferentes regiões da faixa de dobramentos Araguaia, e ambas são compatíveis com os princípios atualmente aceitos do diapirismo.

Adotando a hipótese de formação das estruturas dômicas Cantão, Rio Jardim e Rio Cuiabá por diapirismo, é difícil negar a influência do Gnaiss Cantão, uma vez que ele ocorre na quase totalidade de seus núcleos, contornado por rochas do Complexo Colméia. Isso sugere, até que estas rochas possam ter sido soerguidas pelo Gnaiss Cantão.

Nesse sentido, é interessante notar que, no núcleo da estrutura dômica Lontra, Macambira (1983) descreve rochas mineralógica, textural e quimicamente semelhantes ao Gnaiss Cantão. Da mesma forma, Costa (1980) menciona em Colméia ocorrências de granitóides similares petrograficamente ao Gnaiss Cantão. Além disso, outras possíveis ocorrências desses gnaisses foram detectadas no núcleo da estrutura dômica Cocalândia, na porção central da Serra das Cordilheiras (M. Matta, comunicação verbal).

Esses fatos permitem supor que o Gnaiss Cantão tenha uma distribuição bem mais ampla que a conhecida até o momento, podendo-se até admitir que ele tenha participado, igualmente, na formação de outras estruturas dômicas. A ausência de rochas semelhantes ao Gnaiss Cantão nos núcleos das estruturas Xambioá e Grota Rica parece indicar, no entanto, a possibilidade de geração de estruturas unicamente por remobilização do Complexo Colméia. Na verdade, não se têm argumentos teóricos que permitam refutar a hipótese de diapirismo envolvendo apenas os gnaisses do Complexo Colméia e, no atual estágio de conhecimento, tanto a idéia apresentada por Santos *et al.* (1984) quanto a de Souza *et al.* (1984) parecem plenamente aceitáveis.

Finalmente, são recomendados estudos petrológicos e estruturais mais aprofundados nas várias estruturas dômicas bem como levantamentos geofísicos para testar a coerência dos diferentes modelos evolutivos propostos.

CONCLUSÕES As marcantes similaridades petrográficas e químicas observadas entre as variedades do Gnaiss Cantão, as passagens gradacionais entre os diversos tipos, indicadas por suas características mineralógicas e químicas, suas afinidades texturais e o fato de se encontrarem intimamente associadas no campo mostram, indubitavelmente, que se trata de um conjunto de rochas afins geneticamente e pertencentes a uma mesma unidade.

O estudo petrográfico e químico também revelou que, apesar de sua homogeneidade, o Gnaiss Cantão é dividido em tipos graníticos com várias subdivisões e granodioríticos.

A distribuição das diferentes amostras nos diagramas Q-A-P, Q-(A+P)-M', A-F-M, CaO-Na₂O-K₂O, Ab-Or-An, Q-Ab-Or e as diversas feições petrográficas e químicas discutidas permitem concluir que o Gnaiss Cantão foi gerado a partir de um conjunto de rochas ígneas plutônicas. As mesmas sofreram deformações e metamorfismo em estágios posteriores à cristalização, quando de sua colocação diapírica nas rochas supracrustais durante a configuração da faixa de dobramentos Araguaia.

No que diz respeito às condições físicas do metamorfismo atuante na ocasião, pode-se concluir que o grau médio superior foi atingido, podendo ter havido anatexia em níveis mais profundos, de modo a acentuar desequilíbrios gravitacionais e provocar ascensão diapírica de corpos granitóides então colocados no Complexo Colméia.

Por fim, não é impossível que o Gnaiss Cantão também esteja presente no núcleo de outras estruturas dômicas, tendo tido, portanto, participação muito importante no processo geral de evolução da faixa de dobramentos Araguaia.

Agradecimentos Os autores manifestam seu reconhecimento ao Convênio FINEP-FADESP pelo apoio financeiro e ao Centro de Geociências da Universidade Federal do Pará pelo auxílio material que possibilitaram a realização deste trabalho. Agradecem ainda aos Drs. Raimundo Netuno Villas e Asit Choudhuri pelas críticas e sugestões apresentadas.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABREU, F.A.M. — 1978 — *Estratigrafia e evolução estrutural do segmento setentrional da faixa de dobramentos Paraguai-Araguaia*. Belém. Tese de Mestrado. NCGG-Universidade Federal do Pará). 90 p.

ARTH, J.G. & HANSON, G.N. — 1975 — Geochemistry and origin of the early pre-cambrian crust of NE Minnesota. *Geoch. Cosmoch. Acta*, 39:325-362.

BARD, J.P. — 1980 — *Microtextures des roches magmatiques et*

- métamorphiques*. Paris, Masson. 192 p.
- BRUN, J.P. — 1977 — La zonation structurale des domes gneissiques. Un exemple: le Massif de Saint Malo (Massif Armoricaín, France). *Can. J. Earth. Sci.*, 14:1697-1707.
- BRUN, J.P. — 1980 — The cluster-ridge pattern of mantled gneiss domes in eastern Finland: evidence for large-scale gravitational instability in the proterozoic crust. *Earth and Plan. Sci. Lett.*, 44:441-449.
- BRUN, J.P.; GAPAIS, D.; LE THEOFF, B. — 1981 — The mantled gneiss domes of Kuopio (Finland): interfering diapirs. *Tectonophysics*, 74:283-304.
- CHAPPELL, B.W. & WHITE, A.J.R. — 1974 — Two contrasting granite types. *Pacific Geology*, 8:173-174.
- CONDIE, K.C. — 1967 — Geochemistry of pre-cambrian greywackes from Wyoming. *Geoch. Cosmoch. Acta*, 31:2135-2149.
- COSTA, J.B.S. — 1980 — *Evolução geológica da região de Colméia-GO*. Belém. Tese de Mestrado. NCGG—Universidade Federal do Pará. 71 p.
- DE SITTER, L.U. — 1964 — *Structural geology*. 2 ed. New York, McGraw-Hill. 551 p.
- FAURE, G. & POWELL, J.L. — 1972 — *Strontion isotope geology*. New York, Springer-Verlag. 188 p.
- GUERREIRO, M.G.S. & SILVA, J.M.R. — 1976 — *Projeto Guarat-Conceição*. Belém. DNPM/UFPA. 50 p.
- HASUI, Y.; TASSINARI, C.C.G.; SIGA JR, O.; TEIXEIRA, W.; ALMEIDA, F.F.M. de; KAWASHITA, K. — 1980 — Datações Rb/Sr e K/Ar do centro-norte do Brasil e seu significado geológico-tectônico. In: CONGR. BRAS. GEOL., 31, Camboriú, 1980, *Anais...* Camboriú, SBG, v. 5, p. 2659-2667.
- HINE, R.; WILLIAMS, I.S.; CHAPPEL, B.W.; WHITE, A.J.R. — 1978 — Contrast between I- and S-type granitoids of the Kosciusko Batholith. *J. Geol. Soc. Aust.* 25(4):319-324.
- MACAMBIRA, J.B. — 1983 — *Geologia e ocorrências minerais da braquianticlinal do Lontra-GO*, Belém, Tese de Mestrado. NCGG—Universidade Federal do Pará. 108 p.
- MEHNERT, K.R. — 1971 — *Migmatites*. 2. ed. Amsterdam, Elsevier Publishing. 405 p.
- NOCKOLDS, S.R. — 1954 — Average chemical compositions of some igneous rocks. *Bull. Geol. Soc. Am.*, 65:1007-1032.
- PETTIJOHN, F.J. — 1975 — *Sedimentary rocks*. 3. ed. New York, Harper & Row Publishers. 628 p.
- PHYLLIPS, E.R. — 1974 — Myrmekite — one hundred years later. *Lithos*, 7:181-194.
- PHYLLIPS, E.R. & CARR, G.R. — 1973 — Myrmekite associated with alkali feldspar megacryst in felsic rocks from New South Wales. *Lithos*, 6:245-260.
- PITCHER, W.S. — 1979 — The nature, ascent and emplacement of granitic magmas. *J. Geol. Soc. London*, 136:627-662.
- PITCHER, W.S. & BERGER, A.R. — 1972 — *The geology of Donegal: a study of granitic emplacement and unroofing*. New York, John Wiley & Sons. 435 p.
- PUTY, C.O.F.; MARTINS, R.C.; MONTALVÃO, B.M. G.; JOÃO X.S.J.; CARREIRA, J.M.; SILVA, G.H.; NEVES, A.P.; GIFFONI, L.E.; LOURENÇO, R.S.; FRIZZO, S.J. — 1972 — *Projeto Marabá*. Belém, CPRM/DNPM. 124 p.
- RAMBERG, H. — 1967 — *Gravity, deformation and the earth's crust*. London, Academic Press. 214 p.
- RAMBERG, H. — 1972 — Theoretical models of density stratification and diapirism in the earth. *J. Geoph. Res.* 77:377-889.
- RAMBERG, H. — 1973 — Models studies of gravity — controlled tectonics by the centrifuge technique. In: DE JONG, K.A. & SCHOLTEN, R. ed. *Gravity and tectonics*. New York, John Wiley & Sons. p. 49-66.
- RAMSAY, J.G. — 1967 — *Folding and fracturing of rocks*. New York, McGraw-Hill. 568 p.
- RÖSLER, H.J. & LANGE, H. — 1972 — *Geochemical tables*. London, Elsevier Publishing Company. 468 p.
- SÁ, J.H.S., LEMOS, R.L.; KOTSCHOUBEY, B., VILLAS, R.N.N.; SUCASAS JR, P.; COSTA, M.L.; BARRIGA, V. M.F.; COIMBRA, A.M. — 1979 — *Projeto Araguaína*. Belém. DNPM/UFPA, 88 p.
- SALOP, L.I. — 1971 — Two types of pre-cambrian structures: gneiss folded ovals and gneiss domes. *Internat. Geol. Rev.* 14 (11): 1209-1228.
- SANTOS, M.D. — 1983 — *Geologia e ocorrências minerais da braquianticlinal de Xambioá-GO*. Belém, Tese de Mestrado. NCGG—Universidade Federal do Pará. 124 p.
- SANTOS, M.D.; MACAMBIRA, J.B.; KOTSCHOUBEY, B. — 1984 — Uma proposta para a origem das braquianticlinais de Xambioá e Lontra (GO), possíveis domos gnáissicos. In: CONGR. BRAS. GEOL., 33, Rio de Janeiro, 1984. *Anais...* Rio de Janeiro, SBG, v. 7, p. 3400-3414.
- SILVA, C.G. LIMA, M.I.C.; ANDRADE, A.R.F.; ISSLER, R.S.; GUIMARÃES, G. — 1974 — Geologia da folha SB-22-Araguaia e parte da folha SC-22-Tocantins. In: *Projeto RADAMBRASIL*. Rio de Janeiro. DNPM. v. 4, p.1-143.
- SMITH, J.V. — 1974 — *Feldspar minerals: chemical and textural properties*. New York, Springer-Verlag. 690 p.
- SOULA, J.C. — 1982 — Characteristics and mode of emplacement of gneiss domes and plutonic domes in central-eastern Pyrenees. *J. Struct. Geol.*, 4(3):313-342.
- SOULA, J.C. & BORREL, A. — 1980 — Controle de la densité et de la viscosité sur la mise en place des intrusions plutoniques: signification de forme et de la structure des massifs granitoides. In: REUN. AN. SCI. TERRE, 8, Marseille, 1980. p. 328 (Résumé).
- SOUZA, A.C.C. — 1984 — *Geologia e petrologia do extremo norte da Serra do Estrondo-GO*. Belém, Tese de Mestrado, NCGG—Universidade Federal do Pará. 189 p.
- SOUZA, A.C.C.; TEIXEIRA, N.P.; DALL'AGNOL, R. — 1984 — Geologia do extremo norte da Serra do Estrondo-GO. In: CONGR. BRAS. GEOL., 33, Rio de Janeiro, 1984. *Anais...* Rio de Janeiro, SBG, v. 5, p. 2249-2260.
- SPRY, A. — 1969 — *Metamorphic textures*. Oxford, Pergamon Press. 350 p.
- STEPHANSSON, O. & JOHNSON, K. — 1976 — Granite diapirism in the Run Jungle Area, northern Australia. *Precambrian Res.* 3:159-185.
- STRECKEISEN, A. — 1976 — To each plutonic rock its proper name. *Earth Sci. Rev.*, 12:1-33.
- TALBOT, C.J. — 1971 — Thermal convection below the solidus in a mantled gneiss dome, Fungwi Reserve, Rhodesia. *J. Geol. Soc.*, 127:377-410.
- TAYLOR, S.R. — 1965 — The application of trace element data to problems in petrology. In: AHRENS, L.A., PRESS, F., RUNCORN, S.K., UREY, C. ed. *Physics and Chemistry of the Earth*. Oxford, Pergamon Press. 6:133-214.
- TEIXEIRA, N.P. — 1984 — *Geologia e petrologia da região central da Serra das Cordilheiras-GO*. Belém, Tese de Mestrado. NCGG—Universidade Federal do Pará. 216 p.
- TEIXEIRA, N.P.; SOUZA, A.C.C.; DALL'AGNOL, R. — 1984 — Geologia da região central da Serra das Cordilheiras-GO. In: CONGR. BRAS. GEOL. 33, Rio de Janeiro, 1984. *Anais...* Rio de Janeiro, SBG, v. 5, p. 2234-2248.
- TURNER, F.J. — 1968 — *Metamorphic petrology; mineral and fields aspects*. New York, McGraw-Hill. 403 p.
- TUTTLE, O.F. & BOWEN, N.L. — 1958 — Origins of granite in the lighth of experimental studies in the system $\text{NaAlSi}_3\text{O}_8 - \text{KAlSi}_3\text{O}_8 - \text{SiO}_2 - \text{H}_2\text{O}$. *Geol. Soc. Am.*, 74:1-153.
- VIDAL, J.L. — 1978 — *Deformations naturelles des feldspaths et recristallisation dynamique des feldspaths potassiques — analyse optique et par microscopie electronique*. France. (Thèse Doct. 3 ème Cycle, Université Toulouse). 93 p.
- WEDEPOHL, K.H. — 1972 — Abundance in common magmatic rock types; terrestrial abundance. In: WEDEPOHL, K.H. *Handbook of geochemistry*, 1972. Berlin. Springer-Verlag. v. II/3. p. 37-E-1 a 37-E-10.
- WINKLER, H.G.F. — 1977 — *Petrogênese das rochas metamórficas*. Porto Alegre, Edgard Blücher, 254 p.

MANUSCRITO

Recebido em 07 de outubro de 1985

Revisão aceita em 08 de abril de 1986