

## OS BERILOS VERDES DA REGIÃO DE COQUI, MUNICÍPIO DE QUIXERAMOBIM NOVAS OCORRÊNCIAS DE ESMERALDAS NO ESTADO DO CEARÁ

R. Mariano G. Castelo Branco

Gaston Giuliani

Allain Cheilletz

Laurent Clementelle

### ABSTRACT

This paper deals with the geology and preliminary chemical studies of three new emerald occurrences in the central region of Ceará State, Northeastern Brazil. The occurrence site is known as Coqui and is situated in the Quixeramobim Municipality. The emeralds are related to pegmatitic bodies of restricted expression within biotite-schists and tremolite bands, by their turn, intercalated with two-mica-gneisses. The intrusion of these veins generated metassomatism of the rocks. Chemical analysis with electronic micro-probe were done in several minerals. The results obtained with the green beryls show chemical characteristics comparable to those from Itabira (Minas Gerais). This fact allowed the identification of two petrogenetic groups of emeralds related to pegmatites rich in aqua-marines and other minerals, like columbite, tantalite, and beryl, in the Brasiliano Orogenic environment. These occurrences are the expression of hydrothermal metassomatism in metamorphic basic rocks of the anfibolite facies.

### RESUMO

Este trabalho versa principalmente sobre a geologia e estudos preliminares de três novas ocorrências de esmeraldas na região central do estado do Ceará, nordeste do Brasil. A localidade é conhecida como Coqui e está situada no município de Quixeramobim. As ocorrências estão relacionadas a corpos pegmatíticos de pequena expressão em faixas de biotita-xistos e tremolítitos intercalados em gnaisses a duas milhas. A intrusão destes veios provocou metassomatismo das encaixantes. Foram efetuadas análises químicas por meio de microssonda eletrônica em diversos minerais. Os resultados obtidos nos berilos verdes mostram características químicas comparáveis àquelas de Itabira em Minas Gerais o que permite identificar um grupo de esmeraldas petrogeneticamente relacionadas a pegmatitos portadores de gemas do tipo aqua-marinha e outros minerais como columbita-tantalita e berilo, na ambientação da orogenia Brasiliana. As ocorrências em questão são a expressão de um metassomatismo de infiltração percolante rochas básicas metamorfizadas, dominando facies anfibolito.

### INTRODUÇÃO

Deversas ocorrências de esmeraldas têm sido reportadas no Brasil nas últimas décadas (Schwarz 1983), merecendo destaque aquelas dos estados de São Paulo com o famoso garimpo de Santa Teresinha, Minas Gerais com a Serra Belmonte (Itabira), e Bahia com as jazidas de Carnaíba e Socotá. No Ceará a pouca ocorrência de Tauá no sudoeste daquele estado foi divulgada inicialmente por Cassedane et al. (1979) e teve seus aspectos mineralógicos e de inclusões sólidas estudados por Castelo Branco et al. (1984).

Este trabalho tem por objetivo divulgar novas ocorrências na região central do Ceará, área do Coqui, no município de Quixeramobim, onde foram registradas três ocorrências de berilos verdes associados a tremolítitos e tremolítitos relacionados a corpos pegmatíticos. Tais

corpos intrudem rochas metamorfizadas no fácies anfibolito. O processo de formação destes berilos desenvolveu-se em dois estágios: O primeiro com contribuição do metamorfismo regional transformando rochas básicas em biotita-xistos e tremolítito, o segundo com infiltração de fluidos hidrotermais desenvolvendo fenômenos metassomáticos. O trabalho visa ainda apresentar a geologia da região do Coqui, das ocorrências minerais e dar um enfoque mineralógico respaldado no químismo das amostras. Com o andamento dos trabalhos estudos complementares serão efetuados com relação aos aspectos gerais das inclusões fluidas e sólidas das amostras daquela localidade.

#### CONTEXTO GEOLÓGICO REGIONAL

A ocorrências situam-se cerca de 30 km na direção SE de Quixeramobim na zona central do estado do Ceará. Foram registradas neste trabalho três zonas mineralizadas próximas entre si, onde uma delas (ocorrência 1) destaca-se pelo maior porte em relação às demais e por ter sido garimpada. A figura 1 mostra a localização da área e o contexto tectono-estrutura envolvido.

A área mapeada (figura 1) encontra-se inserida na faixa de dobramentos Jaguariabeano, de natureza vestigial, caracterizada por terrenos gnáissicos e migmatíticos com algumas preservações de supracrustais. Os terrenos se expõem alongadamente acompanhando o padrão estrutural NE regional da Província Borborema. A área está situada entre grandes Maciços Granítico-migmatíticos a leste e oeste, sendo intensamente marcada pelos efeitos de grandes linhas de geofraturas limitantes. A idade mais provável destas faixas é o Proterozoico Superior, onde se caracteriza um forte retrabalhamento durante o Ciclo Brasiliense. Idades convencionais de até 3.140 Ma já foram reportadas por Kawashita et al. (1974). As idades em torno de 2.000 Ma são as mais representativas. A unidade em apreço (figura 1) já foi em várias oportunidades referida como Complexo Caicó e Complexo Nordestino. Trabalhos mais recentes, baseados em um maior número de determinações geocronológicas (MME/DNPM 1983) adotam boa parte dos litótipos como Arqueanos e outros, de posicionamento duvidoso, no Pré-Cambriano Indiferenciado.

Extensas faixas miloníticas, geofraturas, complexos granítoides e províncias pegmatíticas compõem o quadro geológico regional da faixa em apreço, além de corpos graníticos ovalados e elípticos do Proterozoico Superior de natureza sin e tardí-tectônicos.

#### GEOLOGIA DA ÁREA DO COQUI

A área delimitada neste trabalho (figura 1) é constituída basicamente por gnaisses e migmatitos diversos, às vezes com lentes anfibolíticas subordinadas, granitoides gnaissificados e granitoides grosseiros. As aluviações têm representatividade principalmente no vale do Rio Banabui que cruza a área de oeste para leste. As litologias cristalinas apresentam um "trend" regional bem desenvolvido na direção NE-SW, cujo comportamento está subordinado ao padrão de falhas que definam os limites oriental e ocidental da área.

A associação litológica presente é bastante variada e, no âmbito da área, grada de leste para oeste desde gnaisses e migmatitos micaeos Arqueanos para granitoides grosseiros do tipo Quixeramobim no extremo NW. De uma forma geral são metassedimentos essencialmente pelíticos onde podem se intercalar quartzitos e mármore e alguma contribuição metavulcânica. O metamorfismo dominante é do fácies anfibolito médio e alto.

Entre os gnaisses podem ocorrer zonas de biotita-gnaisse, muscovita-biotita-gnaisse, gnaisses bandados e também com hornblenda; nos migmatitos destacam-se estruturas flebíticas, estromatíticas e nebulíticas entre outras e apresentam-se dobrados. Estes litótipos perfazem cerca de 90% da área, mostram-se claramente orientados para NE e ocorrem faixas miloníticas e ultramyloníticas que às vezes separam litologias como se pode notar no mapa da figura 1. Trabalhos recentes de Arthaud et al. (1987) revelam que esta área situa-se numa zona de cizalhamento dúctil entre dois grandes lineamentos, quais sejam o Orós a leste e o de Senador Pompeu a oeste (figura 1) que correspondem a grandes falhas

da Província Borborema. Os granitóides tipo Quixeramobim (Complexo Granítico Quixadá-Quixeramobim) ocorrem numa pequena faixa no canto NW da área, claramente identificáveis no campo e em fotografias aéreas, e correspondem a granodioritos, monzonitos e dioritos. Podem se apresentar gnaissificados e associados a tramas migmatíticas. Estas rochas têm posicionamento estratigráfico duvidoso, uma vez que sofreram profundas transformações tectonomagmáticas no Ciclo Brasiliense. Desta forma, são atribuídas ao Pré-Cambriano Indiferenciado (MME/DNPM 1983). Fora as aluviações já mencionadas, completa a coluna estratigráfica da área os corpos granitóides de composição variando de granítica a granodiorítica, grosseiros e porfiroblásticos, onde dominam, os tipos mais porfiroides e equigranulares. Estes corpos são identificados por constituirem elevações topográficas e apresentam, em fotografias aéreas, tonalidades escurecidas e ausência de traços de linhas. Ocorrem predominantemente, no extremo SW da área. Os outros apontados na porção central e norte da área têm seus contatos bastante inferidos e existência suposta. Correspondem a intrusões da fase principal de failamentos e dobramentos do Proterozóico Superior, tida como pertencente ao intervalo 600 - 650 Ma.

É importante frisar que na área ocorrem corpos pegmatíticos isolados, de natureza granítica, forma tabular e pouca expressão topográfica. São principalmente potássicos e sódicos, homogêneos e heterogêneos, na maioria das vezes concordantes com a rocha regional, onde destacam-se produções de berilo, columbita-tantalita, cassiterita, minerais de litio e pedras coradas como água-marinha de excelente qualidade. Vários veios pegmatíticos estão presentes na área, no entanto, apenas um é representativo e está localizado entre as ocorrências 1 e 2 do mapa da figura 1. Este pegmatito foi intensamente lavrado para columbita-tantalita e cassiterista. A área em apreço faz parte de uma das maiores Províncias Pegmatíticas da Borborema - A província de Quiixeramobim-Solonópole, grande produtora de gemas, especialmente água-marinha (Castelo Branco & Menezes 1987).

#### AS OCORRÊNCIAS DE BERILOS VERDES DO COQUI: ASPECTOS ESTRUTURAIS, MINERALÓGICOS E QUÍMICOS.

As três ocorrências de berilos verdes foram assinaladas por garimpeiros tradicionais da região. Estão relacionadas a intrusões de veios pegmatíticos de idade Brasiliense (Barbosa 1980, Souza 1985) que cortam formações básicas metamorfisadas e intercaladas com gnaisses e duas micas. As ocorrências 1 e 3, do mapa da figura 1, mostram as mesmas características geológicas, entretanto, na ocorrência 3 as condições de observação não permitem um trabalho de detalhe. Na ocorrência 1 (figura 1) foram realizadas escavações e caracteriza-se por um enxame de filões pegmatíticos cuja extensão é variável e pode atingir até 3 km. O material coluvial não permite seguir claramente estes corpos filoneanos e parecem corresponder a vários filões dispostos em "ECHELON". Geralmente, aparecem como núcleos de quartzo, de direção NE-SW (N 15° a N 40°) cortando ou acompanhando a foliação regional das rochas encaixante. A espessura destes núcleos é difícil de definir haja visto as condições de afloramento. Em média é de 2 a 3 metros. Estes corpos pegmatíticos mostram uma estrutura interna heterogênea (Castelo Branco & Menezes 1987), com acumulação de berilo e água-marinha nas zonas periféricas associados a feldspato e quartzo, e uma zona interna formada fundamentalmente de quartzo.

Os corpos pegmatíticos em apreço desenvolvem no contato com os biotita-xistos, um zoneamento metassomático, caracterizado pela presença de biotitito como mostra a fotografia 1. O zoneamento é formado por uma sucessão de duas zonas cujos contatos são nítidos. Dos limites do filão até a periferia são biotititos grosseiros (com micas até 2 cm), rico em apatita, podendo atingir 10 cm de espessura, e um biotitito fino, porém mais espesso: A dimensão das escavações não permitiu a observação de uma coluna metassomática completa como no caso do garimpo de Carnaíba na Bahia (Rodowski et al. 1987).

As formações tremolíticas intercaladas com os biotita-xistos também sofreram metassomatismo de infiltração que produziu uma intensa

Estudos complementares com microssonda iônica serão efetuados no sentido de caracterizar exatamente os teores em cromo, bem como de outros elementos-traco. As amostras estudadas são as vezes fendilhadas por esforços tectônicos; além destas fissuras, algumas inclusões sólidas são visíveis. Encontram-se oligoclásio e inclusões lamelares de flogopita. Estudos gemológicos posteriores determinando as características físicas da esmeralda (densidade, índice de refracção, birrefrigência, fluorescência) e genéticas (inclusões sólidas singenéticas ou protogenéticas) deverão, também, ser realizados. Um estudo preliminar das inclusões fluidas associadas aos berilos verdes dos pegmatitos evidencia presença de inclusões bifásicas primárias desenvolvidas ao longo do eixo-c do cristal. Estas inclusões tabulares (fotografia 6) às vezes em forma de agulhas formam uma família bem homogênea com um volume constante da fase gasosa ( $V_G$ ) limitado entre 40%  $V_G$  20% do volume total da inclusão. Aparentemente, não existem inclusões trifásicas com  $\text{CO}_2$ , líquido. Um outro tipo de inclusão com seções quadráticas caracterizam-se pela presença de minerais de saturação, ou seja, minerais formados a partir da solução líquida supersaturada durante o resfriamento do fluido após seu aprisionamento (fotografia 6).

## CONCLUSÕES

Os berilos do Coqui formam a segunda ocorrência esmeraldífera conhecida no estado do Ceará. Esta mineralização está relacionada à intrusão de veios pegmatíticos, de idade Brasiliiana, em formações básicas intercaladas no embasamento gnáissico. A esmeralda encontra-se em flogopítitos resultante da transformação metassomática de biotita-xisto, bem como na periferia dos veios pegmatíticos. Este metassomatismo típico é a consequência de um processo de infiltração de fluidos hidrotermais na encaixante reativa e permeável. A geração de esmeralda precisa de percolação de fluidos ricos em Be e em F, Cl, e K ao longo de aberturas desenvolvidas em horizonte básicos ricos em Fe, Mg, e Cr. A importância da mineralização esmeraldífera é função de vários fatores, entre os quais está a interação fluido-rocha, o tempo de percolação do fluido hidrotermal e sobretudo a composição das formações básicas. No caso do Coqui, a mineralização em esmeralda não é de importância econômica, similarmente à ocorrência de Tauá. Entretanto, os fluidos são ricos em Be, F e Cl, e assim, as proporções e natureza das intercalações de rochas básicas é de grande interesse na formação de uma jazida. Esta ocorrência corresponde aos depósitos clássicos de esmeralda associados a veios pegmatíticos; as chamadas jazidas de berilo xisto (Sinkankas & Read 1986) ou tipo Montes Urais (Schwarz 1986). É a este tipo que correspondem todas as jazidas brasileiras, salvo aquela de Santa Terezinha de Goiás onde a ausência de corpos pegmatíticos dificultam a compreensão de sua gênese. Uma comparação das características geológicas das principais jazidas brasileiras com as ocorrências do Ceará, apresentadas na tabela 5, evidenciam sempre a constante relação veio pegmatítico-formação básica/ultramáfica metamorfizada, ou seja, a interação fluidos hidrotermais-rocha ricas em Mg e Cr. Entre tanto, a composição das esmeraldas diferem principalmente nos valores de  $\text{Cr}_{2\text{O}_3}$ ,  $\text{MgO}$  e  $\text{Na}_2\text{O}$ . Os valores destes elementos no caso do Coqui são comparáveis com aqueles da jazida de Itabira. A semelhança das características químicas destes berilos verdes, especialmente com relação aos baixos teores em  $\text{Na}_2\text{O}$ , permitem, provavelmente, identificar um grupo de esmeraldas relacionadas petrogeneticamente a pegmatitos portadores de gemas ic tipo águia-marinha e, também portadores de columbita-tantalita e berilo, no ambiente do Ciclo Orçônico Brasiliiano. Estes teores em  $\text{Na}_2\text{O}$  permitem discriminar grandes grupos de berilos pegmatíticos (Cerny & Simpson 1977, Neves et al. 1984). O berilo sódico ( $0,5 < \text{Na} < 1,0\%$ ) e sem K ocorre em pegmatitos com paragenese albítica mas com baixos teores em álcalis. A ausência de dados sobre teores em Li, Cs e Rb nas esmeraldas, complica até o momento a discriminação.

Uma explicação precisa ser dada sobre o alto teor em  $\text{Na}_2\text{O}$  da esmeralda de Tauá que se formou nas mesmas condições daquelas do Coqui. No caso das jazidas de esmeraldas do Brasil um fenômeno deve ser considerado: a desilicificação dos pegmatitos. Esta desilicificação resul-

ta na formação de um pegmatóide rico em albita-cligoclásio, são os chamados "granitic pegmatites of the crossing line" de Beus (1966). Eles estão relacionados a complexos equilíbrios mineral-fluído provocados pela natureza reativa das rochas básicas infiltradas (Giuliani & Couto 1988), isto é, resulta um aumento na atividade do  $K_2O$  e  $Na_2O$ , bem como sílica. Em Tauá, este fenômeno aparece bem desenvolvido em relação à ocorrência do Coqui 1, onde foi analisada a esmeralda, tal fenomeno está ausente. Estes altos teores em  $Na_2O$  das esmeraldas deve ser relacionado ao enriquecimento em  $Na_2O$  dos veios.

As ocorrências de Tauá e Coqui confirmam a existência de um potencial esmeraldífero do estado do Ceará, considerando a importância dos pegmatitos de idade Brasiliiana na região de Solonópole-Quixeramobim-Tauá, e a importância pouco conhecida das intercalações de rochas básicas intercaladas no embasamento gnáissico-migmatítico do Proterozóico Superior.

#### AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à CEMINAS na pessoa dos geólogos Luiz Humberto e Manoel Williams por terem tornado possível a etapa de campo. Este último participou de uma das etapas de campo. A CPRM na pessoa do seu Superintendente Geólogo Angelo Prêvia por ter cedido as fotografias aéreas aqui utilizadas. Ao professor J. Torquato são prestados agradecimentos pela colaboração com algumas amostras. Agradecimentos são devidos ao Serviço de Análise de Microssonda Eletrônica da Universidade de Nancy I, França, especialmente ao pesquisador Jean-Marie Claude.

#### REFERÉNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Arthaud, M.H.; Almeida, A.R.; Andrade Filho, J.F.; Maranhão, C.M.L.; Nogueira Neto, J.A.; Parente, C.V.; Sidrim; A.C.G.; Souza, J.V. & Torquato, J.R. -1987-A utilização de critérios rotacionais em zonas de cizalhamento dúctil: o exemplo do Complexo Granítico de Quixadá-Quixeramobim. In: Simp. de Tectônica, Salvador-BA. Bol. Res.
- Barbosa, H.S.P. -1980-Mapeamento geológico da região NE de Solonópole-CE. Rel. de Grad. do Curso de Geologia da UFC, 170 p.
- Beus, A.A.-1966-Geochemistry of beryllium and genetic types of beryllium deposits. San Francisco. W.H. Freeman and Co. 401p.
- Cassedane, J.P.; Cassedane, J.O. & Mello, Z.F.-1979-As esmeraldas de Tauá e Pilão Aracado. Min. Met., 43(410):50-58.
- Castelo Branco, R.M.G.; Schwarz, D.; Svisero, D.P. & Mendes, J.C.-1984-Dados mineralógicos da esmeralda da Fazenda Boa Esperança, município de Tauá, CE. In: CONGR. BRAS. GBOL, 35. Rio de Janeiro, 1984. Anais... Rio de Janeiro. SBG, p.4986-4994.
- Castelo Branco, R.M.G. & Menezes, J.S.-1987-Gems occurrences in the state of Ceará. Northeastern Brazil. In: International Gemmological Conference, 21, Rio de Janeiro, 1987. Bol. Res. p.5.
- Černý, P & Simpson, F.M.-1977-The tancoregmatite at Bernik Lake, Manitoba. IX Beryl Can. Min., 15:489-499.
- Giuliani, G.; & Couto, P.-1988-Emerald deposits of Brazil and its genetic link with infiltrational metassomatic process. In: International Conf. "Geochemical Evolution of the Continental Crust". Pocos de Caldas, 11-16 de julho.
- Henoc, J & Tong, M.-1978-Automatisation de la microssonde. Jour. Microsc. Spectrosc. Electron. 3:245-254.
- Neves, J.M.C.; Monteiro, R.L.B.B.; & Dutra, C.V.-1984-Composição química de berilos pegmatíticos do Brasil e seu significado petrográfico e metalogenético. Rev. Bras. Geoc., 14(3):173-146.
- Rudowski, L.; Giuliani, G.; & Sabaté, P.-1987-The Proterozoic granite massif of Campo Formoso and Carnaíba (Bahia, Brazil) and their Re, Mo, W mineralisation. In: INT. SIMP. GRANITE and ASSOCIATED MIN. Ext. Abs. p.255-257.
- Schwarz, D.-1986-Classificação genética das ocorrências de esmeraldas. CBG, Goiânia, V.4 p.1854-1862
- Sinkankas, J. & Read, P.-1986-Beryls. Butterworths Gems Book. 225p.

AMOSTRA	CO <sub>1a</sub>				CO <sub>2</sub>		CO <sub>1a</sub> 031
	PONTO	01	02	03	08	016	026
SI02	39,30	39,25	39,51	39,91	38,19	38,26	40,26
SI02	57	53	58	62	1,62	1,43	93
A1203	16,86	17,03	17,04	16,51	15,69	16,19	15,15
FE0	10,14	9,87	9,73	9,51	12,73	13,38	11,50
MN0	85	80	71	66	58	45	66
MG0	17,39	16,85	16,75	17,13	15,33	15,35	17,11
CA0	00	00	00	00	00	00	03
K20	9,38	9,38	9,33	9,57	9,28	8,71	9,36
NA20	33	34	32	26	16	14	17
CR203	07	10	08	03	00	28	07
NIO	05	11	00	00	02	05	01
TOTAL	94,94	94,26	94,05	94,20	93,60	94,24	95,25
<b>Fórmula estrutural na base de 22 oxigênios</b>							
K	1.746	1.755	1.745	1.786	1.776	1.654	1.744
NA	093	097	091	074	047	040	048
CA	000	000	000	000	000	000	005
TOTAL	1.839	1.852	1.836	1.860	1.823	1.694	1.797
SI	5.733	5.758	5.792	5.839	5.730	5.694	5.880
ALIV	2.267	2.242	2.208	2.161	2.270	2.306	2.120
TOTAL	8.000	8.000	8.000	8.000	8.000	8.000	8.000
ALVI	632	703	736	686	505	535	488
FE	1.237	1.211	1.193	1.164	1.597	1.665	1.405
MG	3.781	3.684	3.659	3.735	3.428	3.405	3.724
MN	105	099	088	082	074	057	082
TI	063	058	064	068	183	160	102
NI	006	013	000	000	002	006	001
CR	008	012	009	003	000	033	001
TOTAL	5.831	5.780	5.750	5.738	5.789	5.861	5.809
OH	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00
TOTAL	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00
TOTALCAL	99,05	98,34	98,14	98,30	97,59	98,27	99,35
xPE	25	25	25	24	32	33	27
xMG	75	75	75	76	68	67	73
xFE (TI)	24	24	24	23	31	32	27
xMG (TI)	74	74	74	75	66	65	71

Tabela 1 - Composição química e fórmula estrutural das biotitas da ocorrência de esmeralda do Coqui. CO<sub>1a</sub> = biotitito associado a um veio pegmatítico; CO<sub>2</sub> = biotitito associado a um veio pegmatítico desilicificado.

05

AMOSTRA PONTA 01 02 03 04 05 CO<sub>2</sub>

CAO P205 56,23 56,19 56,15 56,73 56,66 56,02 55,91 55,21 55,73 55,97 55,42

TA203 43,83 41,42 42,77 42,95 42,01 43,62 42,99 42,50 42,86 43,49 43,46

Y203 02 00 00 04 00 00 03 01 09 00 00

CE203 00 00 00 00 00 00 27 13 10 22 17

N2D03 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00

CL 01 01 00 00 00 00 00 00 00 00 00

F 3,52 3,52 3,56 3,04 3,04 3,83 3,99 3,58 3,89 3,47 4,31

TOTAL 103,84 101,14 102,54 102,86 102,57 103,74 102,79 104,88 102,59 103,53 103,89

H2O CALC 165 102 119 379 000 107 103,74 102,79 104,88 102,59 103,53

N. TOTAL 102,52 1,485 1,485 1,499 1,280 1,622 1,680 1,514 2,103 1,461 1,617 1,819 000

OCHE 102,52 99,80 101,16 101,99 100,95 102,06 101,38 102,86 101,29 101,92 102,07

Formula estrutural na base de 25 (O, F, Cl)

P	6,055	5,924	6,005	5,985	5,941	6,057	6,020	5,976	6,017	6,047	6,060
CA	9,835	10,175	9,981	10,009	10,144	9,848	9,913	10,007	9,906	9,853	9,783
LA	0,011	0,000	0,002	0,000	0,000	0,007	0,001	0,006	0,000	0,000	0,000
Y	0,111	0,000	0,012	0,000	0,000	0,003	0,000	0,024	0,011	0,019	0,015
CY	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,007	0,001	0,006	0,000	0,000	0,000
ND	0,006	0,000	0,001	0,000	0,000	0,000	0,000	0,024	0,011	0,019	0,015
SR	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
CF*	0,003	0,000	0,003	0,000	0,011	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
OH	1,817	1,882	1,868	1,863	1,583	2,024	2,071	1,874	2,044	1,821	1,990
TOTAL	9,9,853	10,175	9,985	10,021	10,147	9,855	9,937	10,024	9,940	9,872	9,828
TOTAL	2,000	2,000	2,000	2,000	2,000	2,075	2,071	2,000	2,000	2,000	2,251

Table 2 - Composição química e formula estrutural das apatitas da corografia de esmeralda do Cogni.

AMOSTRA	$\text{CO}_2$				$\text{CO}_1 b$
	12C	13B	14	15	29
FE	0,0	0,0	0,06	0,0	0,07
NA	7,59	7,65	8,07	8,37	9,38
R	0,08	0,0	0,16	0,03	0,10
SI	60,01	59,64	59,41	61,56	62,09
MN	0,03	0,01	0,0	0,04	0,03
CA	6,86	6,06	6,48	4,90	4,53
NI	0,0	0,0	0,02	0,0	0,0
AL	25,4	25,34	24,96	23,40	22,79
TI	0,05	0,0	0,0	0,0	0,0
CR	0,00	0,0	0,0	0,0	0,0
MG	0,04	0,0	0,01	0,03	0,0
O					
TOTAL	99,87	98,70	99,17	98,32	98,98

Fórmula estrutural

Fe	0.00	0.00	0.01	0.00	0.01
Na	2.62	2.66	2.81	2.91	3.26
K	0.02	0.00	0.04	0.01	0.02
Si	10.70	10.73	10.69	11.08	11.13
Mn	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00
Ca	1.31	1.17	1.25	0.94	0.87
Ni	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Al	5.29	5.36	5.28	4.95	4.81
Ti	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00
Cr	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Mg	0.01	0.00	0.00	0.01	0.00
OH	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Ab	56,34	69,52	68,61	75,39	78,47
An	33,19	30,48	30,50	24,43	20,48
Or	0,46	-	0,90	0,18	0,55

Tabela 3 - Composição química e fórmula estrutural dos plagioclásios da ocorrência de esmeralda do Coqui.

AMOSTRA	C0 <sub>1</sub> b		
	0033	0027	0028
SI02	64.19	65.86	65.64
TI02	00	00	00
AL203	16.97	17.48	17.56
CR203	00	03	07
FE0	38	53	54
MNO	00	00	00
MGO	62	65	72
CAO	00	00	00
NA20	60	62	54
K20	00	00	00
NIO	03	00	03
TOTAL	82.79	85.17	85.10
FE203	42	59	60
BEO	12.31	12.65	12.65
H20 MIN	70	72	63
N. TOTAL	95.84	98.60	98.44

Fórmula estrutural na base de 18 oxigênios sem água.

ST	6.003	5.991	5.978
ALVI	1.871	1.875	1.885
FE3 <sup>+</sup>	030	040	041
CR	000	002	005
SI	1.901	1.917	1.931
ALIV	000	000	000
MN	000	000	000
MG	086	088	098
CA	000	000	000
NA	109	109	095
K	000	000	000
TI	000	000	000
NI	002	000	002
BE	2.803	2.803	2.805
S2	3.000	3.000	3.000

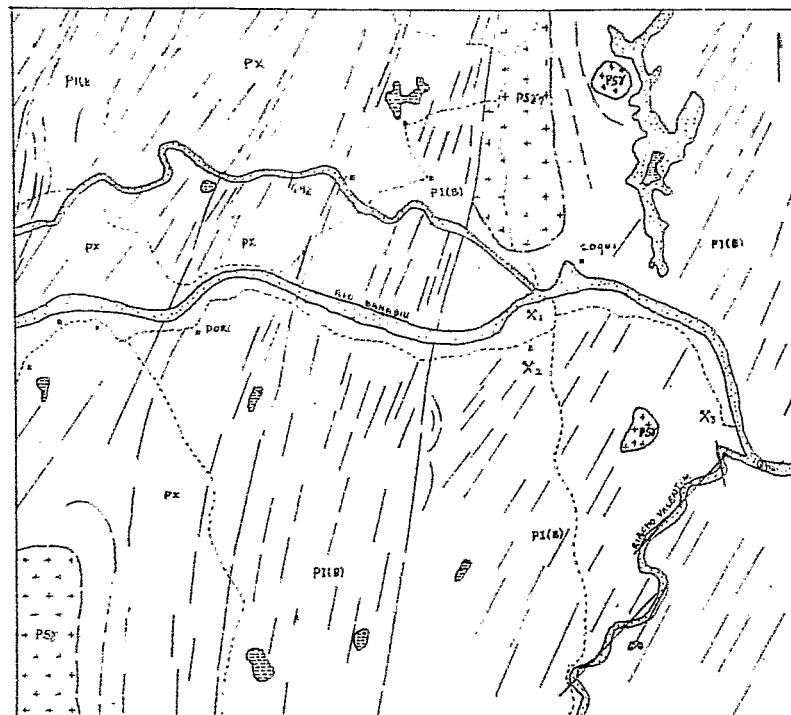
Tabela 4 - Composição química e fórmula estrutural dos berilos verdes da ocorrência de esmeralda do Cogui.

C0<sub>1</sub>b = esmeralda associada a um veio pegmatítico.

		CARNÁBRA (BAHIA)	ITABIRA (MINAS GERAIS)	SANTA TEREZINHA (COIAS)	TAUÁ (CEARÁ)	COQUI (CEARÁ)
ROCHAS ENCAIXANTES	Natureza	Serpentinitos	- Biotita xisto - Talco - Clorita xisto	- Talco - xisto carbonatado - Clorita xisto - Carbonato	- Anfibolito	- Biotita xisto - Anfibolito - Tremolita xisto - Gnaissé
	Metamorfismo	Facies Greenschist	Facies Greenschist	Facies Greenschist	Facies Anfibolito	Facies Anfibolito
	Idade	Proterozoico inferior	Proterozoico inferior	Proterozoico superior	Proterozoico superior	Proterozoico superior
	Denominação	Série vulcano-sedimentar da Serra da Jacobina	Metasedimentos do Super Grupo Minas	Série vulcano sedimentar e do Grupo Araxá	Complexo Independência	Complexo Caico e nordestino
ROCHAS ESMERALDADAS	Natureza	Flogopítito	Flogopítito	- Flogopítito - Talco - Biotita xisto carbonatado - Biotita carbonato	Flogopítito	Flogopítito
	Intrusivas Associadas	Veio pegmatítico	Veio pegmatítico	Sem	Veio pegmatítico	Veio pegmatítico
	Associação Mineral Típica	Berilo Molibdenita	Berilo Água-Marinha	Sem	Columbita Tantalita Berilo Bismutita	Columbita Tantalita Água-Marinha Cassiterita
	Idade	Transamazonico	Brasiliano Provável		Brasiliano ( ? )	Brasiliano
ROCHAS MINERALIZADAS	Principal Associação Mineral	Alexandrita Molibdenita Scheelita	- Alexandrita - Crisoberilo	- Piritá - Cromita ( Mg, Al ) - Carbonato	- Apatita	- Apatita
	Composição Química					
	Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0,45	0,20	0,93	0,19	0,04
	FeO	0,69	0,46	1,4	1,1	0,48
	V <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0,02	0,03	0,07	?	
	MnO	2,06	0,78	3,12	2,48	0,66
	Na <sub>2</sub> O	1,62	0,5	1,82	1,84	0,59

Tabela 5 - Comparação das características geológicas e metalogenéticas das principais jazidas de esmeralda do Brasil com as duas ocorrências do Ceará. As composições químicas das esmeraldas de Tauá são de Schwarz (1986, comunicação pessoal).

FIGURA - ESTRATIGRAFIA BASEADA NO MAPA GEOLOGICO DO  
ESTADO DO CEARÁ (MME/DNPM 1983).  
CARTOGRAFIA: FOLHA 1:100 000 SB 24V C III (QUIXERAMOBIM) - SUDENE (1972)  
FOTOGEOLOGIA: FOTOS 1321 1233 E 1360 1363 FOLHA 893.  
FAIXAS B E S - SACS/SA



ESTRATIGRAFIA SIMPLIFICADA

0 1600m

[QHa]	QUATERNÁRIO (HOLOCENO)	SEDIMENTOS ALUVIAIS: AREIAS QUARTZOZAS E ARGILOSAS
[PSy]	PROTEPOZOÍCO SUPERIOR	GRANITOÍDES A BIOTITA/HORNBLENDA TIPOS PORFIROIDES E EQUIGRANULARES
[PIB]	ARQUEANO	MIGMATITOS E GNAISSES. CORPOS ANFIBOLÍTICOS SUBORDINADOS
[PXqu]	PRÉ-CAMBRIANO INDIFERENCIADO	GRANITOÍDES QUIXERAMOBIM: GRANODIORITOS, GRANITOS, DIORITOS, MONZONITOS(GNAISSIFICADOS), GNAISSES E MIGMATITOS DIVERSOS DOMINANTES. INCLU: PI(B)
[PX]		

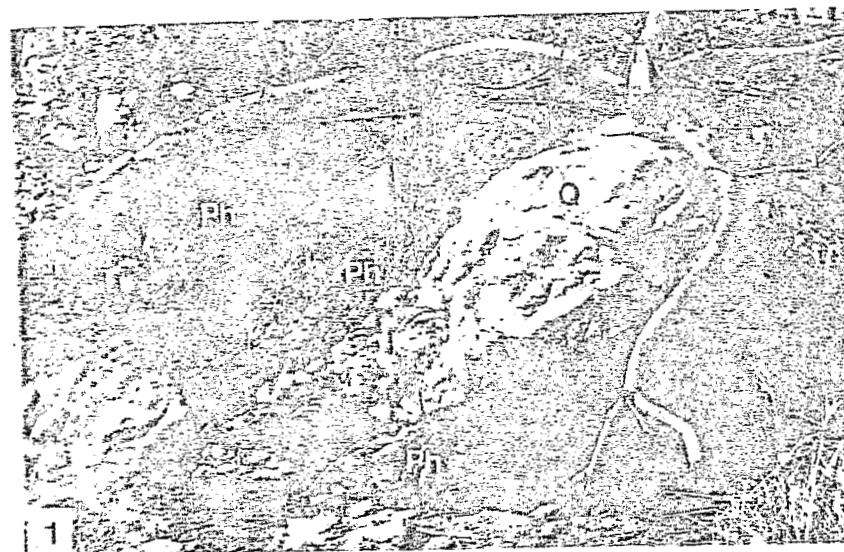
CONVENÇÕES GEOLOGICAS

- CONTATO GEOLÓGICO
- CONTATO INFERIDO/APROXIMADO
- FAIXAS MILONÍTICAS QUE PODEM SEPARAR LITOLOGIAS
- LINEAÇÕES ESTRUTURAIS / ATITUDE
- FRATURA

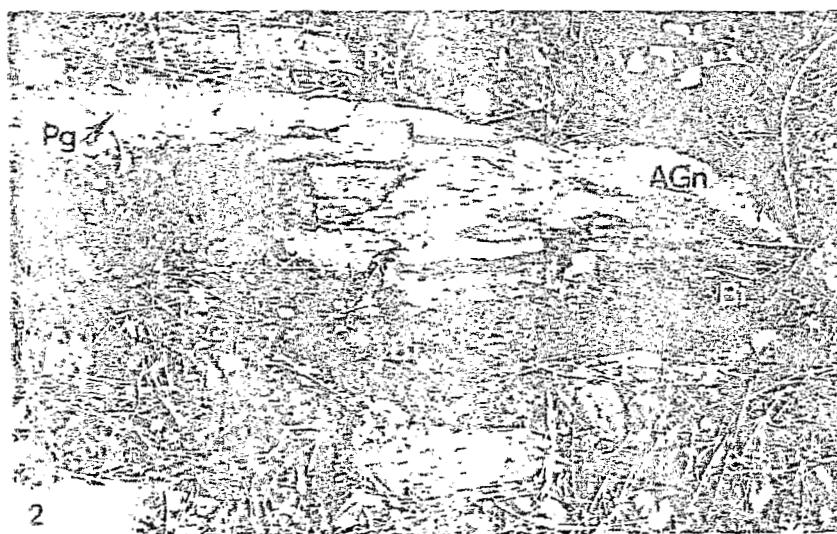
X OCORRÊNCIA DE BERILOS VERDES (ESMERALDAS?) ASSOCIADAS A CORPOS PEGMATITICOS-BIOTITOS, FLOGOPITITOS, TREMOLITITOS.

OUTRAS CONVENÇÕES

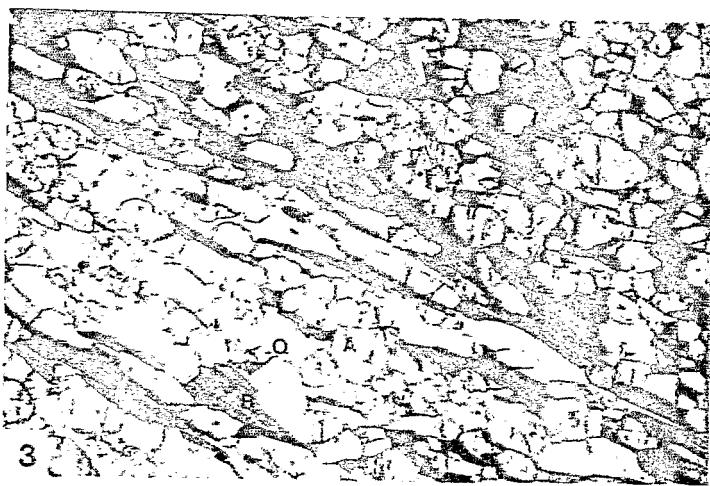
- PRINCIPAIS CURSOS D'ÁGUA
- ESTRADAS CARROCÁVEIS
- HABITAÇÕES
- ACUDES E LAGOAS



Fotografia 01: Pegmatito em contato com biotita-xisto. A presença de biotitito revela um zoneamento metassomático.



Fotografia 02: Processo de biotitização menos pronunciado próximo a rocha encaixante gnaissica. Tal fato se deve pela encaixante ser menos ativa em relação aos fluidos hidrotermais.



Fotografias 03 e 04: Aspecto geral dos biotititos mostrando uma textura lepidoblástica constituída por um intercrescimento de biotita, apatita e berilo. A orientação presente refere-se à mesma borda dos filões.



Fotografia 05: Cristais de feldspato com maclas polisintéticas. Nota-se intercrescimento com quartzo e apatita. Veja composição na tabela 03.



Fotografia 06: Aspectos gerais das inclusões encontradas nos berilos verdes da região do Coqui. São inclusões bifásicas primárias, tabulares, em forma de agulha e outras mostrando seções quadráticas. Notar inclusão alongada com fase gasosa.