UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS

ASPECTOS MINERALÓGICOS, GEOLÓGICOS
E ECONÔMICOS DA ESMERALDA
DE SANTA TEREZINHA DE GOIÁS

Júlio César Mendes

Orientador: Prof. Dr. Darcy P. Svisero

DISSERTAÇÃO DE MESTRADO

Área de Concentração: Mineralogia e Petrologia

SÃO PAULO
1989

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS

DEDALUS - Acervo - IGC

30900005193

ASPECTOS MINERALÓGICOS, GEOLÓGICOS E ECONÔMICOS DA
ESMERALDA DE SANTA TEREZINHA DE GOIÁS

Júlio César Mendes

Orientador: Prof. Dr. Darcy P. Svisero

DISSERTAÇÃO DE MESTRADO

COMISSÃO EXAMINADORA

	nome
Presidente:	Dr. D.P.Svisero
Examinadores:	Dr. R.R.Franco
	Dr. A.P.Barbour

ass.

Darcy P. Svisero
Rui Ribeiro Franco
Medis P. Barbour

São Paulo
1989

Universidade de São Paulo
Instituto de Geociências

**ASPECTOS MINERALÓGICOS, GEOLÓGICOS E ECONÔMICOS DA
ESMERALDA DE SANTA TEREZINHA DE GOIÁS**

JÚLIO CÉSAR MENDES

ORIENTADOR: PROF. DR. DARCY P. SVISERO

DISSERTAÇÃO DE MESTRADO

São Paulo
1989

Aos meus pais Tito e Elza.

À minha esposa Sônia.

ÍNDICE

	pag
LISTA DE FIGURAS	IV
LISTA DE TABELAS	V
LISTA DE FOTOS	VII
LISTA DE FOTOMICROGRAFIAS	VIII
ABSTRACT	X
RESUMO	XIII
1 - INTRODUÇÃO	1
2 - LOCALIZAÇÃO DA ÁREA E VIAS DE ACESSOS	3
3 - MÉTODOS DE ESTUDO E AMOSTRAGEM	5
3.1 - Trabalho de Campo	5
3.2 - Amostragem	7
3.3 - Trabalho de Laboratório	9
3.3.1 - Métodos Ópticos	9
3.3.2 - Difração de Raios X	9
3.3.3 - Análises Químicas	10
4 - GEOLOGIA REGIONAL	12
4.1 - O Grupo Araxá (Grupo Serra da Mesa)	15
4.1.1 - O Segmento Setentrional	19
4.1.1.1 - Estratigrafia	24
4.1.1.2 - Magmatismo	25
4.1.1.3 - Metamorfismo	27
5 - OS GARIMPOS DE ESMERALDA DE SANTA TEREZINHA DE GOIÁS .	29
5.1 - Aspectos Fisiográficos	30
5.2 - Aspectos Econômicos dos Garimpos	30
5.3 - Geologia da Região dos Garimpos	34
5.3.1 - Complexo Gnáissico Anfibolítico	36
5.3.2 - Domo Granito Gnáissico da Serra de Santa Cruz	36
5.3.3 - Sequência Santa Terezinha	38
5.3.3.1 - Clorita-quartzos xistos	38
5.3.3.2 - Talco xistos	38
5.3.3.3 - Sericita quartzitos	39
5.3.3.4 - Magnetita-moscovita xistos ...	39
5.3.4 - Complexo Granítico Gnáissico	39

5.3.5 - Granito São José do Alegre	40
5.4 - Geologia da Área Legal de Garimpagem	40
5.4.1 - Rochas Mineralizadas em Esmeraldas	42
5.4.1.1 - Quartzo-carbonato-talco xistos (1)	42
5.4.1.2 - Biotita/flogopita xistos	45
5.4.2 - Rochas Isentas de Esmeraldas	47
5.4.2.1 - Biotita/flogopita-carbonato xistos com quartzo	47
5.4.2.2 - Quartzo-carbonato-talco xistos (2)	51
5.4.2.3 - Moscovita-clorita-carbonato-quartzo xistos	53
5.4.2.4 - Blastomilonitos	56
5.5 - Estágio Atual da Lavra	57
5.6 - Controle dos Depósitos	64
5.7 - Métodos de Extração	64
6 - DADOS MINERALÓGICOS DA ESMERALDA DE SANTA TEREZINHA DE GOIÁS	71
6.1 - Generalidades	73
6.2 - Modo de Ocorrência	74
6.3 - Composição Química	78
6.4 - Densidade	82
6.5 - Cor e Pleocroísmo	85
6.6 - Índice de Refração	87
7 - INCLUSÕES CRISTALINAS E FLUIDAS	90
7.1 - Inclusões Mineralis	95
7.1.1 - Cromita	96
7.1.2 - Carbonatos	100
7.1.3 - Talco	105
7.1.4 - Flogopita	114
7.1.5 - Pirita	120
7.1.6 - Patronita	121
7.1.7 - Quartzo	126
7.1.8 - Barita	126
7.1.9 - Berilo	130
7.1.10 - Ferropargasita	130
7.1.11 - Outras Inclusões	130

7.2 - Inclusões Fluidas	133
7.3 - Significado Geológico das Inclusões	134
8 - GÊNESE DA JAZIDA	140
9 - AGRADECIMENTOS	153
10 - BIBLIOGRAFIA	154

LISTA DE FIGURAS

	pag
1 - LOCALIZAÇÃO DOS GARIMPOS DE SANTA TEREZINHA DE GOIÁS ..	4
2 - LOCALIZAÇÃO DA ÁREA LEGAL DE GARIMPAGEM	6
3 - COLUNA ESTRATIGRÁFICA DE UM POÇO DE PESQUISA	8
4 - UNIDADES GEOTECTÔNICAS DA REGIÃO CENTRO-OESTE <u>BRASILEI</u> RA	16
5 - MODELO TECTÔNICO DA REGIÃO CENTRAL DE GOIÁS	17
6 - COLUNA LITO-ESTRATIGRÁFICA DA REGIÃO CENTRAL DE GOIÁS .	22
7 - MAPA GEOLÓGICO SIMPLIFICADO DA REGIÃO DOS GARIMPOS	23
8 - ESBOÇO GEOLÓGICO DA REGIÃO DE CRIXÁS-PILAR-MARA ROSA-PO RANGATU	26
9 - MAPA GEOLÓGICO DA ÁREA DOS GARIMPOS	35
10 - COLUNA ESTRATIGRÁFICA DA ÁREA DOS GARIMPOS	37
11 - MAPA GEOLÓGICO DA ÁREA LEGAL DE GARIMPAGEM	41
12 - LOCALIZAÇÃO DAS ÁREAS NOS GARIMPOS	59
13 - DIREÇÃO DE MINERALIZAÇÃO NO TRECHO VELHO	61
14 - DIREÇÃO DE MINERALIZAÇÃO NO TRECHO NOVO	62
15 - CONTROLES DE MINERALIZAÇÕES NA JAZIDA DE SANTA TEREZINHA	65
16 - LOCALIZAÇÃO DAS JAZIDAS DE ESMERALDA NO BRASIL	72
17 - ESPECTRO DE RAIOS X DISPERSIVOS DA ESMERALDA.....	81
18 - ESPECTRO DE RAIOS X DISPERSIVOS DA CROMITA TIPO 1.....	98
19 - ESPECTRO DE RAIOS X DISPERSIVOS DA CROMITA TIPO 2	99
20 - ESPECTRO DE RAIOS X DISPERSIVOS DOS CARBONATOS	110
21 - ESPECTRO DE RAIOS X DISPERSIVOS DO TALCO	116
22 - ESPECTRO DE RAIOS X DISPERSIVOS DA FLOGOPITA	119
23 - ESPECTRO DE RAIOS X DISPERSIVOS DA PIRITA	124
24 - ESPECTRO DE RAIOS X DISPERSIVOS DA BARITA	129

LISTA DE TABELAS

	pag
1 - ANÁLISES PARCIAIS DA ESMERALDA DE SANTA TEREZINHA DE GOIÁS OBTIDAS POR MEIO DE MICROSSONDA ELETRÔNICA	80
2 - MEDIDAS DE DENSIDADE DA ESMERALDA DE SANTA TEREZINHA DE GOIÁS	83
3 - DENSIDADE DA ESMERALDA DE SANTA TEREZINHA DE GOIÁS COMPARADA COM OUTROS LOCAIS	84
4 - ÍNDICE DE REFRAÇÃO DA ESMERALDA DE SANTA TEREZINHA DE GOIÁS	88
5 - ÍNDICE DE REFRAÇÃO DA ESMERALDA DE SANTA TEREZINHA DE GOIÁS COMPARADA COM OUTROS LOCAIS	89
6 - QUADRO COMPARATIVO DAS INCLUSÕES EM ESMERALDAS BRASILEIRAS	91
7 - AS INCLUSÕES DA ESMERALDA DE SANTA TEREZINHA DE GOIÁS COMPARADAS COM OUTROS LOCAIS	92
8 - TÉCNICAS ANALÍTICAS UTILIZADAS NA DETERMINAÇÃO DAS INCLUSÕES CRISTALINAS	94
9 - DIAGRAMA DE PÓ DA INCLUSÃO DE CROMITA E DO SEU RESPECTIVO PADRÃO JCPDS	97
10 - ANÁLISES QUÍMICAS DE INCLUSÃO DE CROMITA DO TIPO 1 OBTIDAS POR MEIO DA MICROSSONDA ELETRÔNICA	101
11 - ANÁLISES QUÍMICAS DE INCLUSÃO DE CROMITA DO TIPO 2 OBTIDAS POR MEIO DA MICROSSONDA ELETRÔNICA	102
12 - DIAGRAMA DE PÓ DA INCLUSÃO DE DOLOMITA E DO SEU RESPECTIVO PADRÃO JCPDS	106
13 - DIAGRAMA DE PÓ DA INCLUSÃO DE MAGNESITA E DO SEU RESPECTIVO PADRÃO JCPDS	107
14 - ANÁLISES QUÍMICAS DE INCLUSÕES DE CARBONATO OBTIDAS POR MEIO DE MICROSSONDA ELETRÔNICA	111
15 - DIAGRAMA DE PÓ DA INCLUSÃO DE TALCO E DO SEU RESPECTIVO PADRÃO JCPDS	115
16 - ANÁLISES QUÍMICAS DE INCLUSÕES DE TALCO OBTIDAS POR MEIO DA MICROSSONDA ELETRÔNICA	117
17 - DIAGRAMA DE PÓ DA INCLUSÃO DE FLOGOPITA E DO SEU RESPECTIVO PADRÃO JCPDS	118
18 - ANÁLISES QUÍMICAS DA INCLUSÃO DE FLOGOPITA OBTIDAS	

POR MEIO DE MICROSSONDA ELETRÔNICA	121
19 - DIAGRAMA DE PÓ DA INCLUSÃO DE PIRITA E DO SEU RESPEC <u>TIVO</u> PADRÃO JCPDS	123
20 - ANÁLISES QUÍMICAS DA INCLUSÃO DE PIRITA OBTIDAS POR MEIO DA MICROSSONDA ELETRÔNICA	125
21 - DIAGRAMA DE PÓ DA INCLUSÃO DE PATRONITA E DO SEU RES <u>PECTIVO</u> PADRÃO JCPDS	127
22 - DIAGRAMA DE PÓ DA INCLUSÃO DE FERROPARGASITA E DO SEU RESPECTIVO PADRÃO JCPDS	132
23 - CLASSIFICAÇÃO GENÉTICA DAS OCORRÊNCIAS DE ESMERALDAS PROPOSTAS POR SCHWARZ (1987)	142
24 - ANÁLISE DAS ROCHAS DA SEQUÊNCIA DE SANTA TEREZINHA DE GOIÁS	148

LISTA DE FOTOS

	pag
1 - VISTA GERAL DA PARTE ANTIGA DOS GARIMPOS	66
2 - VISTA DE UM GARIMPO EM UMA ÁREA DEMARCADA	66
3 - VISTA DA BOCA DE UM POÇO EXPLORATÓRIO	68
4 - TALCO XISTO MINERALIZADO	68
5 - GALERIA SEGUINDO A MINERALIZAÇÃO	70
6 - CRIANÇA CATANDO ESMERALDAS NOS XISTOS	70
7 - CRISTAIS DE ESMERALDA PRISMÁTICOS REPRESENTATIVOS DA JAZIDA DE SANTA TEREZINHA DE GOIÁS	75
8 - ESMERALDA EM NÍVEL CARBONATADO	75
9 - TALCO XISTO CORTADO POR NÍVEIS QUARTZOSOS	76
10 - TALCO XISTO CARBONATADO COM ESMERALDAS	76
11 - BIOTITITO COM NÍVEL CARBONATADO	77
12 - BIOTITITO CARBONATADO COM CRISTAIS DE PIRITA	77

LISTA DE FOTOMICROGRAFIAS

	pag
1 - VISTA GERAL DO QUARTZO-CARBONATO-TALCO XISTO	44
2 - CRISTAL DE BERILO COM INCLUSÃO DE TALCO	44
3 - PORFIROBLASTO DE BERILO (ESMERALDA) NA ENCAIXANTE	46
4 - CARBONATO, TALCO E CROMITA NO QUARTZO-CARBONATO-TALCO XISTO	46
5 - PORFIROBLASTOS DE TURMALINA VERDE NO BIOTITA/FLOGOPITA XISTO	48
6 - DETALHE DE UM PORFIROBLASTO DE TURMALINA	48
7 - VISTA GERAL DO BIOTITA/FLOGOPITA-CARBONATO XISTO COM QUARTZO	50
8 - CRISTAL DE RUTILO SOBRE UMA RIPA DE BIOTITA/FLOGOPITA ..	50
9 - DETALHE DO QUARTZO-CARBONATO-TALCO XISTO (2)	52
10 - CARBONATO MOSTRANDO LAMELAS DE GEMINAÇÃO	52
11 - VISTA GERAL DO MOSCOVITA-CLORITA-CARBONATO-QUARTZO XISTO	55
12 - CRENULAÇÃO DOS MINERAIS MICÁCEOS NO MOSCOVITA-CLORITA- CARBONATO-QUARTZO XISTO	55
13 - VISTA GERAL DO BLASTOMILONITO, COM ASPECTO DE QUARTZITO	58
14 - DETALHE DO BLASTOMILONITO	58
15 - VISTA GERAL DE UM AGLOMERADO DE INCLUSÃO DE CROMITA SEM ORIENTAÇÃO NO CRISTAL	103
16 - INCLUSÃO DE CROMITA DE COLORAÇÃO AVERMELHADA	103
17 - DUAS GERAÇÕES DE CROMITA (TIPO 1 E 2) INCLUSAS NA ES- RALDA	104
18 - CROMITA OBSERVADA SOBRE GRANDE AUMENTO	105
19 - AGLOMERADO PROTOGENÉTICO DE INCLUSÕES DE CARBONATO	108
20 - ROMBOEDROS DE CARBONATO	108
21 - DETALHE DE UM ROMBOEDRO DE CARBONATO ORIENTADO NA ESME- DA	109
22 - ROMBOEDROS DE CARBONATO EPIGENÉTICO PREENCHENDO FRATURA NA ESMERALDA	109
23 - LAMELAS FINAS DE TALCO DISPERSAS NA ESMERALDA	112
24 - TALCO OBSERVADO SOB LUZ REFLETIDA	112
25 - CRISTAL DE TALCO PROTOGENÉTICO SOB LUZ REFLETIDA	113
26 - INCLUSÃO DE FLOGOPITA DE NATUREZA PROTOGENÉTICA	113
27 - INCLUSÃO DE PIRITA COM CENTROS ESCUROS ALTERADOS	122

28 - INCLUSÃO PROTO OU SINGENÉTICA DE QUARTZO	128
29 - INCLUSÃO EPIGENÉTICA DE QUARTZO PREENCHENDO FRATURA ..	128
30 - CRISTAIS DE BERILO INCLUSOS NA ESMERALDA	131
31 - VISTA GERAL DAS INCLUSÕES FLUIDAS	135
32 - INCLUSÃO FLUIDA DO TIPO LÍQUIDO + LÍQUIDO	135
33 - INCLUSÃO FLUIDA DO TIPO LÍQUIDO + SÓLIDO	136
34 - INCLUSÃO FLUIDA SECUNDÁRIA	136
35 - INCLUSÃO FLUIDA DO TIPO LÍQUIDO + GÁS	137
36 - CAVIDADE COM PREENCHIMENTO TRIFÁSICO SÓLIDO + LÍQUIDO + GÁS	137
37 - PORFIROBLASTO DE ESMERALDA NA ENCAIXANTE	150
38 - SISTEMA DE FRATURAMENTO NA ESMERALDA	150

ABSTRACT

The emerald *garimpos* (prospects) of Santa Terezinha de Goiás are located in the west-central part of the state of Goiás, about 23 km to the northeast of the town of Santa Terezinha.

The *garimpos* of this region constitute the most important active production area for emeralds in Brazil-current production surpasses that of the famous Colombian mines, and is estimated to be in the range of US\$ 2 billion per year.

Regionally, three distinct tectonic terranes can be distinguished: 1) a sequence of low metamorphic grade rocks, composed of chlorite-schist, talc-schist and biotite-schist, in which the emeralds occur; 2) a gneissic-amphibolite terrane (which lies to the southwest of the emerald-bearing schist) and 3) a granitic batholith which intrudes a sequences of gneissic rocks located northwest the emerald-bearing schist terrane.

The geological mapping of the *área legal de garimpagem* (legal zone where prospecting is allowed by a federal law), within the above region proved the existence of two lithologically distinct groups, represented by the gneissic-granite complex and by the Santa Terezinha sequence, composed by the lithologies referred to above.

Petrographical descriptions of rocks exposed in a 117 deep shaft, show that within the schist terrane emerald-mineralized rocks are, more specifically, quartz-carbonate-talc schists (1) and biotite/phlogopite schists, while the no emerald-bearing rocks are biotite/phlogopite-carbonate schists with a little quartz, the quartz-carbonate-talc schists (2), muscovite-chlorite-carbonate-quartz schists and blastomylonites. In the rocks belonging to the mineralized levels, turmaline, beryl (emerald) and carbonates have anomalous biaxiality, when viewed in thin section, suggesting that the host rocks of emerald were subjected to tectonic deformation after emerald formation.

The emeralds of Santa Terezinha de Goiás are characterized by their intense green color, by refractive indices with the values $n_{\delta} = 1.580 - 1.597$, $n_{\omega} = 1.586 - 1.599$,

birefringence between 0.001 and 0.010 and by specific gravity which varies from 2.673 to 2.774 with average values of 2.711. Scanning microprobe analyses in these emeralds have shown that, among the main oxides, the weight percent of SiO_2 varies between 62.33 and 65.30%, the Al_2O_3 between 12.05 and 13.13%, the MgO between 2.48 and 2.77%, and the Na_2O between 1.31 and 2.91%. The amount of Cr_2O_3 varies between 0.08 and 1.34%: an increase Cr_2O_3 corresponds to an increase in intensity of the green color of the emeralds. The weight percent of FeO varies from 1.23 to 2.66%; there is no correlation between FeO concentration and color.

Optical, X-ray diffraction and scanning microprobe analyses have shown that the emeralds from Santa Terezinha de Goiás contains a large variety of crystalline inclusions such as chromite, carbonates (dolomite and magnesite), talc, phlogopite, pyrite, patronite, quartz, barite, beryl and ferropargasite. There are two compositionally distinct chromite generations, having 2.0 and 10.0% of Al_2O_3 respectively. The carbonates (dolomite and magnesite) display chemical zoning with cores containing approximately 1.6% FeO and edges with 8.5% FeO . Fluid inclusions are present in almost all samples studied. They have one, two or three distinct phases. Fluid inclusions have variety of shapes.

Based on the data obtained in field and lab work, it was possible to understand some of the various problems typical of the origin of the Santa Terezinha de Goiás deposit. However, the source of beryllium in this deposit is highly controversial. In contrast to the great majority of Brazilian and world emerald deposit, the emeralds of this region are not associated with a pegmatite beryllium source. The beryllium may have been added to the rock during high grade metamorphism which affected the region during the Mid Proterozoic in the Uruaçuano Period. Another source of beryllium may be solutions derived from the the São José do Alegre granite, located 5 km from the *garimpos*, and another possible source might be acid flows within to the greesntone belt sequence of Crixás-Guarinos-Hidrolina-Pilar de Goiás. The elements that cause the color of the emerald come from metaultramafic rocks as the talc-schists and biotitites present in the *garimpos*.

Two basic factors controlled the mineralization of emerald in Santa Terezinha de Goiás. The location of emerald is

structurally controlled (they occur in hinge areas of monoclinic folds) and is lithologically controlled (they occur only in talc schists and in lenses of biotitite).

RESUMO

Os garimpos de esmeraldas de Santa Terezinha de Goiás estão situados no centro-oeste goiano, aproximadamente a 23 km a nordeste da cidade de Santa Terezinha de Goiás.

Regionalmente, nesses garimpos distinguem-se três conjuntos tectônicos distintos: 1) uma seqüência de rochas de baixo grau metamórfico constituída de clorita xistos, talco xistos e biotita xistos, portadora da mineralização esmeraldífera; 2) uma associação gnáissico-anfibolítica a SE; e 3) um conjunto granito-gnáissico cortado por um batólito granítico a NW.

Através dos trabalhos de mapeamento geológico na *área legal de garimpagem*, inserida no contexto regional anteriormente descrito, detectou-se a existência de dois conjuntos litológicos distintos, representados pelo complexo granito gnáissico e pela Seqüência Santa Terezinha, composta pelas litologias referidas.

As descrições petrográficas referentes ao perfil de um poço de 117 m de profundidade revelaram que as rochas mineralizadas em esmeraldas são representadas por quartzo-carbonato-talco xistos (1) e biotita/flogopita xistos, ao passo que as rochas isentas de esmeraldas são compostas por biotita/flogopita-carbonato xistos (2), moscovita-clorita-carbonato-quartzo xistos e blastomilonitos. Essas litologias pertencem às rochas de baixo grau da Seqüência Santa Terezinha. Nas rochas pertencentes aos níveis mineralizados, a turmalina, o berilo (esmeralda) e os carbonatos exibem biaxialidade anômala, sugerindo que as encaixantes da esmeralda foram submetidas a esforços tectônicos após a formação da esmeralda.

As esmeraldas de Santa Terezinha de Goiás caracterizam-se principalmente pela sua cor verde-intensa, por índices de refração com valores de $n_g = 1,580 - 1,597$, $n_w = 1,586 - 1,599$, birrefringência entre 0,001 e 0,010 e por uma densidade relativa variando de 2,673 a 2,774 com valores médios de 2,711. Análises de microsonda eletrônica nessas esmeraldas revelaram que entre os óxidos principais, o SiO_2 varia de 62,33 a 65,30%, o Al_2O_3 de 12,05 a 13,13%, o MgO de 2,48 a 2,77% e o Na_2O de 1,31 a 2,91% em

peso, sendo que o BeO foi tomado como valor constante igual a 12,5%. Com relação aos cromóforos Cr e Fe, essas mesmas análises revelaram que nas esmeraldas há um teor de Cr_2O_3 variando entre 0,08 e 1,34%, havendo uma relação entre o aumento da cor e o aumento desse cromóforo. Por sua vez, o teor de FeO varia entre 1,23 e 2,66% em peso, não havendo correlação com o aumento da intensidade de cor.

Estudos ópticos, de difração de raios X e de microsonda eletrônica revelaram que a esmeralda de Santa Terezinha de Goiás contém uma grande variedade de inclusões cristalinas, destacando-se, por ordem de abundância, a cromita, os carbonatos (dolomita e magnetita), o talco, a flogopita, a pirita, a patronita, o quartzo, a barita, o berilo e a ferropargasita. A cromita aparece em duas gerações composicionais distintas, as quais apresentam 2,0 e 10,0% de Al_2O_3 , respectivamente. Os carbonatos (dolomita e magnetita) exibem zoneamento químico com núcleos contendo aproximadamente 1,6% de FeO e bordas com 8,5% de FeO . As inclusões fluidas constituem uma feição notável dessa esmeralda, especialmente quando observadas sob aumentos maiores, podendo-se afirmar que estão presentes praticamente em todos os espécimes estudados. Essas inclusões possuem uma, duas ou três fases distintas, mostrando uma grande variedade de formas e uma certa variação nos conteúdos presentes nas cavidades.

Com base nos dados obtidos nos trabalhos de campo e de laboratório, foi possível compreender alguns dos inúmeros problemas inerentes à gênese da jazida de Santa Terezinha de Goiás. Entretanto permanece ainda como uma questão controversa a fonte do berílio nessa jazida, havendo possibilidade da mesma não ser pegmatítica, como na maioria dos depósitos brasileiros e estrangeiros. Tudo indica que ela pode estar relacionada a uma remobilização durante o metamorfismo de alto grau que afetou a região durante o Proterozóico Médio no Ciclo Uruaçuano. A referida fonte pode estar também ligada a soluções provenientes do granito São José do Alegre, localizada a 5 km dos garimpos, ou ainda a derrames ácidos ligados à Sequência *Greenstone Belt* de Crixás-Guarinos-Hidrolina-Pilar de Goiás. Os elementos cromóforos são derivados de rochas metaultramáficas do tipos talco xistos e biotititos existentes nos garimpos.

Com relação aos controles dos depósitos, dois

fatores básicos controlaram a mineralização de esmeralda em Santa Terezinha de Goiás: um de caráter estrutural e o outro de caráter litológico. O controle estrutural é representado por dobras em monoclinais, sendo o controle litológico, por sua vez, representado por camadas de talco xistos e lentes de biotititos.

Os garimpos de Santa Terezinha de Goiás constituem a mais importante área de produção de esmeralda na atualidade, suplantando a produção das minas famosas de Muzo, Cosquez e Chivor, na Colômbia. Apesar das dificuldades de controle da produção, cálculos efetuados na *boca da mina* indicam que o montante de esmeralda garimpado representa um valor aproximado de 2 bilhões de dólares/ano.

1 - INTRODUÇÃO

Voltando um pouco na história da descoberta e exploração de gemas coradas no Brasil, iremos deparar-nos com as fantásticas imaginações dos portugueses sobre essas riquezas em nosso território. Desde o descobrimento do país que Portugal atentou a esperança de encontrar minas de esmeraldas nessas novas terras. No século XVIII, os bandeirantes desbravaram terras desconhecidas, sonhando com os tesouros que brilhariam a sua frente. Nessa procura incessante, descobriram turmalina, água-marinha e outras pedras, mas a tão sonhada esmeralda não foi encontrada.

Somente na década de 60, o Brasil tornou-se um importante produtor mundial de esmeraldas, graças à descoberta de uma série de jazidas notáveis. A primeira delas ocorreu em 1964, nas proximidades de Carnaíba, BA. Em 1977, descobriu-se a mina Belmont, a 15 km da cidade de Itabira, MG. Finalmente, em 1981, foi descoberto o maior depósito conhecido no mundo, localizado a 23 km da cidade de Santa Terezinha de Goiás e, em 1983, descobriram-se os garimpos de Socotó, distantes 40 km da jazida de Carnaíba.

A partir da década de 80, o Brasil tornou-se o maior produtor de esmeralda do mundo. No momento, Santa Terezinha de Goiás é o garimpo que possui a maior produção dessas gemas no país. Neste garimpo são produzidas pedras de excelente qualidade (Sauer 1982).

Este trabalho procura contribuir para um maior conhecimento da jazida de Santa Terezinha de Goiás. Inicialmente é apresentado uma interpretação dos conhecimentos geológicos da área, destacando-se o problema da continuidade do Grupo Araxá (Barbosa 1955) em direção ao norte do Estado de Goiás. Sendo o estudo da jazida em si o objetivo principal deste trabalho, ele aborda as questões a ela referente sob diversos pontos de vista. Assim sendo, não se estudam os garimpos apenas do ponto de vista geológico, mas também faz-se uma abordagem que leva em consideração o contexto social, econômico e minerário. No tocante à esmeralda, são apresentadas informações químicas e mineralógicas, bem como comparações com esmeraldas das principais jazidas conhecidas.

Esta tese agrupa os primeiros dados integrados

de geologia da jazida de Santa Terezinha de Goiás. Com essa finalidade foi efetuado um mapeamento da *área legal de garimpagem*, a partir de aerofotointerpretação conjugado com verificação sistemática no campo. Foram feitas descrições detalhadas de vários poços de exploração com a finalidade de se compreender a distribuição espacial e a gênese dos níveis mineralizados. Também foram efetuadas análises tanto da rocha encaixante quanto da esmeralda. Buscou-se identificar a gênese da esmeralda, o tipo de íon corante e sua fonte, bem como das inclusões e sua correlação com o ambiente de formação da gema. Paralelamente esses dados foram correlacionados com os das principais jazidas do Brasil e do mundo, o que nos levou a concluir que a gênese da esmeralda de Santa Terezinha de Goiás não pode ser explicada a partir dos modelos usados na atualidade.

Vários problemas permanecem em aberto. Um deles, por exemplo, seria o de que embora a fonte dos cromóforos seja dada pelas rochas metaultramáficas existentes na jazida, a origem do berílio ainda é desconhecida. Levanta-se, assim, a hipótese de que o berílio ter-se-ia originado a partir do granito São José do Alegre, que é um plúton existente aproximadamente a 5 km a oeste dos garimpos ou, então, a partir de remobilização do Complexo Basal Goiano ou ainda a partir de soluções hidrotermais de origem desconhecida, tal como se verifica nas jazidas colombianas. Alguns dados sobre esta questão apontam também para uma possível origem similar às das jazidas da Colômbia. Por exemplo, a presença da barita entre as inclusões no material de Santa Terezinha de Goiás sugere uma origem hidrotermal, tal como na Colômbia. Também não se conhece ainda a extensão real dos depósitos, mas tem sido notado que quase todas as atividades exploratórias iniciadas fora dos núcleos originais de garimpagem em geral têm sido coroadas de êxito.

2 - LOCALIZAÇÃO DA ÁREA E VIAS DE ACESSO

Os garimpos de esmeraldas de Santa Terezinha de Goiás estão situados no centro-oeste goiano, aproximadamente a 23 km a nordeste da cidade de Santa Terezinha de Goiás (Figura 1).

O local dista aproximadamente 300 km da capital do estado e pode ser alcançado facilmente por várias estradas em sua maior parte pavimentadas. Partindo de Goiânia, toma-se a estrada estadual GO-080, que passa pelas cidades de Nerópolis e São Francisco de Goiás, chegando-se, então, à rodovia Belém-Brasília (BR-153). A partir desse entroncamento, toma-se a direção norte em um percurso de 200 km, aproximadamente, até a primeira entrada, passando pela cidade de Itapaci e Pilar de Goiás. Existe um segundo acesso, mais ao norte. Entra-se em uma via que se dirige a um lugarejo denominado São Luís do Norte passando pela cidade de Hidrolina. Existe ainda mais ao norte uma terceira opção, a partir da cidade de Campinorte. De Santa Terezinha de Goiás até os garimpos, são mais 23 km pela GO-154, estrada intermunicipal não pavimentada.

Tanto a cidade como os garimpos dispõem de pistas de pouso encascalhadas, com capacidade para receber aviões de pequeno porte. Santa Terezinha é uma cidade que cresceu com os trabalhos de garimpagem. Seu comércio mais intenso dá-se através de bares, restaurantes, hotéis, lojas de equipamento para garimpo e, é claro, através da compra e venda de esmeraldas na folclórica *Feira dos Ratos*. Na região do garimpo, surgiu um lugarejo denominado Campos Verdes, que no início era um aglomerado de casebres de garimpeiros. Hoje, Campos Verdes já apresenta o dobro da população de Santa Terezinha de Goiás e foi elevado à categoria de município no mês de maio de 1988.

FIG. 1 - Localização geográfica da área e principais vias de acesso.

3 - MÉTODO DE ESTUDO E AMOSTRAGEM

Durante os trabalhos de campo para esta tese , foram realizadas várias viagens aos garimpos de Santa Terezinha de Goiás. Paralelamente ao mapeamento da *área legal de garimpagem* , foram elaborados vários perfis em poços exploratórios, fazendo-se um acompanhamento das frentes de lavras subterrâneas, com a finalidade de observar o posicionamento das camadas e dos veios mineralizados, sendo também feita uma amostragem das litologias da jazida. O material coletado foi devidamente selecionado para os estudos de laboratório, que abrangeram determinações químicas e mineralógicas da esmeralda e das rochas encaixantes.

3.1 - TRABALHOS DE CAMPO

A área mapeada neste trabalho é um polígono irregular de 2932 ha, definido pelas seguintes coordenadas (Figura 2):

Vértice	Latitude S	Latitude W
01	14°11'53"	49°38'59"
02	14°11'53"	46°36'38"
03	14°13'12"	49°36'38"
04	14°13'12"	49°38'45"
05	14°16'28"	49°38'45"
06	14°16'28"	49°46'53"
07	14°15'19"	49°46'53"
08	14°15'19"	49°40'06"
09	14°13'20"	49°40'06"
10	14°13'20"	49°38'59"

A área estudada é uma *área legal de garimpagem* definida pela Portaria do Presidente da República de número 442 , datada de 30 de março de 1984. Esta Portaria determina que na área só podem ser executados trabalhos de garimpagem, faiscação ou cata. Durante os trabalhos de mapeamento, foram utilizados fotografias aéreas na escala 1:45.000, obtidas pela Prospec. Como se

ESCALA

0 1 2 Km

Área de garimpagem

- 1 — Trecho Velho
- 2 — Trecho Novo
- 3 — Trecho Loteado
- 4 — Trecho do Netinho
- 5 — Trecho dos Barbudos

FIG. 2 - Localização da *área legal de garimpagem* de esmeraldas de Santa Terezinha de Goiás.

pode observar na Figura 2, os garimpos estão situados na parte sul da *área legal de garimpagem*. De um modo geral, a região é coberta por uma espessa camada de solo, o qual é proveniente da alteração de rochas metaultrabásicas e de rochas do embasamento, mascarando a presença de afloramentos, dificultando a amostragem. Assim sendo, a maior parte das informações geológicas constantes deste trabalho foram obtidas nos poços exploratórios abertos na região pelos garimpeiros.

3.2 - AMOSTRAGEM

Como foi dito anteriormente, a existência de poços de pesquisa e de extração de esmeralda foi fundamental para a execução deste trabalho. Devido à alteração superficial, as rochas analisadas foram coletadas de um poço de pesquisa aberto pela Empresa Nossa Senhora Aparecida Ltda (ENSA), poço que alcançou 117 m de profundidade. É pertinente informar que os poços abertos pelos garimpeiros não ofereciam segurança para o nosso trabalho, tendo em vista as profundidades que eles alcançam, chegando alguns a até 300 m. O sistema de escoramento desses poços é precário e não existem sistemas adequados de ventilação e de iluminação. Além disso, existe muita infiltração de água, o que dificulta a locomoção dentro deles. Em virtude desses fatos, aproveitamos a amostragem efetuada pela ENSA durante a abertura do referido poço que alcançou 117 m de profundidade. A Figura 3 apresenta a seqüência litológica amostrada, que serviu de base para os estudos mineralógicos e petrográficos.

No tocante à esmeralda, a amostragem variou em função dos progressos dos trabalhos. Algumas amostras foram coletadas *in situ*, no interior dos poços, sendo que outras foram adquiridas posteriormente dos garimpeiros. Em geral, existe uma grande disponibilidade de material na área do garimpo, devido ao enorme volume de rejeito produzido na exploração. A esmeralda pode ser adquirida facilmente, pois sempre existem vendedores no local com lotes de qualidade as mais variáveis e de procedência conhecida. Assim sendo, boa parte das esmeraldas utilizadas no decorrer dos trabalhos foi adquirida dessa forma, tendo em vista que os proprietários dos poços não permitem que se faça coleta

FIG. 3 - Coluna estratigráfica de um poço de pesquisa perfurado pela empresa ENSA, no Trecho Novo da área dos garimpos de Santa Terezinha de Goiás.

de espécimes nas frentes de exploração.

3.3 - TRABALHOS DE LABORATÓRIO

Os trabalhos de laboratório constaram de microscopia óptica, difração de raios X, análise química por via úmida e absorção atômica, análise por dispersão de energia e por sonda eletrônica. Esses métodos tiveram por finalidade caracterizar a esmeralda do ponto de vista mineralógico e as inclusões fluidas e cristalinas, e determinar a natureza do íon corante e o quimismo da sequência mineralizada.

3.3.1 - MÉTODOS ÓPTICOS

Diversos métodos ópticos foram usados para a realização de pesquisas para este trabalho. A seleção dos cristais de esmeralda foi feita em uma lupa estereoscópica Zeiss do Departamento de Geologia da Universidade Federal de Ouro Preto (DE GEO/UFOP). Nessa fase, procuramos selecionar cristais que contivessem inclusões representativas da jazida, bem como outras feições típicas para essas esmeraldas. As encaixantes foram estudadas por meio de seções delgadas e/ou polidas utilizando-se um fotomicroscópio Zeiss, modelo M-35, pertencente também ao mesmo Departamento. Nesse mesmo aparelho, foram obtidas as fotomicrografias das rochas e das inclusões contidas nas esmeraldas estudadas. Os índices de refração da esmeralda foram medidos por meio de um refratômetro para sólidos, modelo TOPCON, da mesma Universidade.

3.3.2 - DIFRAÇÃO DE RAIOS X

A difração de raios X foi utilizada no presente trabalho com o propósito de identificar as inclusões cristalinas singenéticas, epigenéticas e protogenéticas das esmeraldas de Santa Terezinha de Goiás.

Uma das dificuldades encontradas para a obtenção dos difratogramas de raios X foi o tamanho das inclusões cristalinas, que de um modo geral variam entre 10 a 100 microns, embora algumas fases como a pirita possam atingir dimensões de vá-

rios milímetros, o que facilita a sua identificação.

Através da fragmentação dos cristais em um morteiro de Abich, conseguiu-se a liberação das inclusões do interior da esmeralda. Uma vez fragmentados os cristais, as diversas fases das inclusões foram isoladas manualmente do berilo, através de uma operação feita com lupa binocular. Através de montagens cuidadosas, as fases puras foram identificadas por meio de diagramas de pó em câmara de Gandolfi no Departamento de Mineralogia e Petrologia do IG/USP e no Centro de Pesquisa da Companhia Vale do Rio Doce (CVRD), em Belo Horizonte. A maior parte das inclusões ocorrem intimamente misturadas entre si, tornando quase impossível a separação entre os vários constituintes. Nesses casos, foram feitos difratogramas dessas misturas em um difratômetro automatizado da Rigaku, modelo Geigerflex D/max-B em operação no DEGEO/UFOP.

3.3.3 - ANÁLISES QUÍMICAS

Para esse trabalho, foram efetuadas algumas análises químicas da esmeralda, das suas respectivas encaixantes, bem como de certas inclusões contidas em seu interior.

A esmeralda (berilo) foi analisada por absorção atômica (DEGEO-UFOP) e por microsonda eletrônica (CVRD). Em uma das amostras foram dosados os óxidos principais (exceto o BeO) e vários componentes menores; em duas outras, foram dosados apenas os cromóforos Cr, V e Fe.

As rochas foram trituradas em um britador de mandíbula e moídas num gral de sintercoríndon numa granulação menor que 0,063 mm. Deste material, foi fundido aproximadamente 1 g para a determinação de SiO₂ por gravimetria. Para a dosagem dos demais componentes, foi realizado um ataque com solução de HF e HNO₃ 3:1. O FeO e Fe₂O₃ foram determinados por titulometria; o Mg, Ca, Mn, V, Cr, Ni e Co foram determinados por absorção atômica.

Análises na microsonda eletrônica (sistema dispersivo de energia e análise quantitativas) foram efetuadas nos laboratórios da CVRD, tanto da esmeralda como das suas inclusões cristalinas mais freqüentes. As análises pelo sistema de energia dispersivo foram realizadas no mesmo aparelho, na faixa de energia

de 0 a 10 KeV. Essas análises foram realizadas em um aparelho JEOL, modelo JCXA-733. Os óxidos, carbonatos e silicatos foram analisados sob condições de 15kV e $1,500 \times 10^{-8}$ A; os sulfetos sob 25 kV e $2,500 \times 10^{-8}$ A. Utilizaram-se como padrões, óxidos puros e vidros para os óxidos e os silicatos, sulfetos e metais puros para os sulfetos. No caso da esmeralda, como o Be não foi analisado, introduziu-se na correção um valor teórico e fixo de 12,5% de BeO. Nas correções de efeito matriz, foi utilizado o programa PACMO-JEOL, responsável pelas correções ZAF.

4 - GEOLOGIA REGIONAL

O primeiro pesquisador a apresentar descrições de rochas que hoje se sabe pertencerem ao Grupo Araxá foi Hussak (1987, *in* Leonardos 1938), que teria observado camadas de gnaisses granitóides e de fuchsitaxistos que se intercalariam em moscovita xistos, encontrados na região entre Catalão e Pirenópolis. Leonardos (1938) ao descrever a geologia do centro e sul de Goiás reconheceu uma zona de transição entre biotita-gnaisses arqueanos e os quartzitos, e entre quartzitos sericíticos e filitos algonquianos. Fez uma descrição da intercalação de biotita xistos com gnaisses, gnaisses básicos com gnaisses graníticos, estudando os contatos transicionais entre os gnaisses e as seqüências xistosas. Erichsen & Miranda (1939), em sua campanha no sul de Goiás, entre os anos de 1935 e 1936, descreveram micaxistos, quartzitos, calcários, itacolomitos e gnaisses, e relacionaram essas litologias ao Algonquiano.

O termo Araxá surgiu com o trabalho de Barbosa (1955), que distinguiu no Triângulo Mineiro, na região do Planalto Araxaense, "rochas muito antigas, que constituiriam um Complexo Metamórfico Pré-Cambriano. Este complexo seria formado de mica xistos, xistos-verdes, filitos, migmatitos e quartzitos", divididos provisoriamente nas Formações Araxá e Canastra, separadas estas por provável discordância angular. O Grupo Araxá, "mais antigo, seria constituído por xistos-verdes, micaxistos e migmatitos" e o Grupo Canastra, "menos antigo, seria formado por quartzitos salientes no relevo, associados a filitos".

Segundo dados do Projeto RADAM, Folha SD-22-Goiás (1981), trabalhos realizados pela Prospec em 1961 permitiram individualizar na área do Distrito Federal e adjacências as *Séries Araxá e Canastra*. No tocante à Série Araxá, "nela ocorrem micaxistos freqüentemente granatíferos. Estes micaxistos seriam intercalados por lentes de quartzitos micáceos e calcários, e os maciços quartzíticos constituiriam as serras dos Pirineus, Jaraguá, Dourada, etc. Entre as duas unidades, a Série Araxá seria mais antiga por estar metamorfizada em grau mais alto".

Barbosa *et al.* (1966), tomando por base observações de campo e fotogeologia da área do Projeto Araguaia, separa

ram três unidades no *Complexo Basal Brasileiro*, denominando a mais antiga de Pré-Cambriano Indiferenciado. Esta unidade, segundo os autores, está representada na parte sudeste do projeto por paragnaisses com intercalações finas de metabasitos, migmatitos, granitos e milonitos.

Segundo Almeida (1967a), "a área central de Goiás, separando as duas faixas geossinclinais, Brasília e Paraguai-Araguaia, caracteriza-se pela presença de um complexo antigo de ectinitos e migmatitos, pertencentes pelo menos a um Ciclo Tecto-Orogênico Pré-Baicaliano, correspondente ao Grupo Araxá". As rochas desse ciclo são micaxistos, gnaisses, quartzitos, mármore, metabasitos, anfíbolitos e outras, de fácies geralmente anfíbolítica. Associam-se-lhes migmatitos e granitos anatexíticos.

Almeida (1967b) reconhece na região central de Goiás pelo menos quatro ciclos tecto-orogênicos, acompanhados de evolução metamórfica. O Grupo Araxá recobriria discordantemente o Complexo Basal, iniciando-se com um quartzito de espessura reduzida. Ainda segundo este autor, no Pré-Cambriano Superior, a partir de 1.200 M.a, processou-se, na área do interior de Goiás, importante fraturamento da crosta, o qual separou as plataformas do São Francisco e Guaporé. Tal fato propiciou o surgimento de condições eugeossinclinais de sedimentação e ascensão de grandes volumes de magma básico e ultrabásico, constituindo-se, assim, o *Serpentine Belt* Goiano.

Para Almeida (1968), durante o Proterozóico Superior, sucederam-se episódios tecto-orogênicos acompanhados de metamorfismo regional, em uma ampla faixa de regeneração de estruturas muito antigas, que, no centro-oeste brasileiro, separa as plataformas do Guaporé e do São Francisco. Tais episódios incluem-se em dois eventos maiores de metamorfismo e deformação, dos quais resultaram as estruturas denominadas Araxaídes e Brasiliídes. A chamada *Série Araxá* inicia-se freqüentemente por quartzitos que recobrem em clara discordância o Complexo Basal. Essa série consiste num conjunto de mais de 1500 metros de espessura de metassedimentos de caráter eugeossinclinal, com predomínio de biotita xistos, comumente granatíferos, que se alternam com camadas de quartzitos, e, localmente, de gnaisses, mármore calcíticos ou dolomíticos, anfíbolitos e metabasitos. Tais rochas apresentam fácies metamórficas variadas, indo desde xisto-verde a anfíboli-

to, pois que muitas delas possuem cianita, sillimanita, estaurolita, etc. O Grupo Araxá é penetrado por sienitos e por grande número de intrusões de rochas básicas e ultrabásicas, cuja composição varia desde diorito e gabros a peridotitos e dunitos.

Para Angeiras (1968), o Grupo Araxá seria uma seqüência metassedimentar, típica de ambiente eugeossinclinal, com predominância de granada-biotita xistos, às vezes com cianita e sillimanita. Subordinadamente ocorrem quartzitos cinzas, parafibrolitos, mármore e mármore dolomíticos. Várias dezenas de complexo ultrabásicos com gabros associados acham-se intrusivos no Grupo Araxá, constituindo uma faixa de serpentinitos originada pelo magmatismo ofiolítico precoce da tecto-orogênese que afetou o Eugeossinclínio Araxá. Essa faixa de serpentinitos acha-se intrusiva nos micaxistos do Grupo Araxá, pelo menos nos casos comprovados até o momento.

Barbosa *et al.* (1970), ao realizar trabalhos na região do Triângulo Mineiro, reconheceu o Araxá como um grupo de metamorfitos de fácies epídoto-anfibolito, consistindo essencialmente de micaxistos e quartzitos, com intercalações de anfibolitos. Localmente os micaxistos se tornam muito granatíferos e possuem também cianita e estauroлита.

Schobbenhaus Filho *et al.* (1975) introduziram a denominação Sistema de Dobramentos Araxá, nele incluindo os Grupos Araxá e Araí, bem como a Formação Canastra. Para esses autores, a Unidade Canastra é uma formação relacionada ao Grupo Araxá, e o Grupo Araí representa uma fácies marginal do Sistema de Dobramento Araxá. Descrevem rochas anfibolíticas, de Mara Rosa para sul, nas cabeceiras dos rios dos Bois, Peixe e Crixás-Açu, numa extensão superior a 100 km.

Fuck & Marini (1981) dividem o Sistema de Dobramento Araxá (Schobbenhaus Filho *et al.* 1975) em dois segmentos, separados pela Inflexão dos Pirineus (Araújo Filho 1978); o segmento setentrional compreende a parte central e nordeste de Goiás, sendo constituído pelos Grupos Serra da Mesa, Araí e Natividade; o segmento meridional abrange o sul de Goiás e o Triângulo Mineiro e nele são encontrados o Grupo Araxá e Canastra.

Marini *et al.* (1984) apresentam as principais unidades geotectônicas da Província Tocantins (Almeida *et al.* 1977),

que englobam o Maciço Mediano de Goiás, a Faixa de Dobramentos Uruaçu e a Faixa de Dobramento Brasília (Almeida *et al.* 1976). Uma das principais feições tectônicas regionais é a brusca mudança das direções estruturais que ocorre na altura do paralelo de Brasília (Figura 4), a qual Araújo Filho (1978) denominou de Inflexão dos Pirineus.

Drago (1984) divide as rochas granito-gnáissicas aflorantes em território goiano em três grandes unidades geotectônicas (Figura 5): 1) Complexo Central Goiano, com características de maciço mediano, contendo em seu bojo seqüências *greenstone belts* e granitizações arqueanas e proterozóicas; 2) Complexo Caraíba-Paramirim, com restos de seqüência *greenstone belt*; 3) Complexo Goiano Meridional, em território goiano parcialmente recoberto pelos sedimentos paleozóicos da Bacia do Paraná. Por outro lado a estruturação desses grandes cinturões mostra que os metassedimentos a norte da Megainflexão dos Pirineus estão condicionados diferentemente do Grupo Araxá, chamado por Marini *et al.* (1977) de Grupo Serra da Mesa.

4.1 - O GRUPO ARAXÁ (GRUPO SERRA DA MESA)

Na definição original de Barbosa (1955), o Araxá seria constituído de "rochas muito antigas que formariam um Complexo Metamórfico Pré-Cambriano formado por micaxistos, migmatitos, quartzitos, xistos-verdes e filitos", divididos provisoriamente nas Formações Araxá e Canastra, separadas por uma provável discordância angular. A Formação Araxá, mais antiga, com xistos - verdes, micaxistos e migmatitos, ocupa a bacia do rio Quebra-Anzol, e se estende daí para norte, seguindo Goiás adentro. Já a Formação Canastra é mais nova, sendo constituída de quartzitos e filitos prateados ou cinzentos. Essa noção foi estendida às vastas áreas de micaxistos e quartzitos semelhantes encontrados em Goiás e mesmo no sul do Pará (Silva *et al.* 1974). O conceito foi sendo, entretanto, gradativamente modificado. Já sob a denominação de Grupo Araxá, Barbosa *et al.* (1970) alteraram seu limite inferior, dele retirando as rochas granito-gnáissicas contendo intercalações de anfibolitos, devido a diversas discordâncias entre os lineamentos estruturais dos xistos e das rochas granito-gnáissicas.

FIG. 4 - Distribuição das principais unidades geotectônicas da Região Centro-Oeste brasileira, destacando a brusca mudança das direções estruturais das Faixas de Dobramentos Uruaçu e Brasília, segundo Marini et al. (1984).

FIG. 5 - Modelo evolutivo para a região central de Goiás segundo Drago (1984).

Na porção norte, que é a área de interesse deste trabalho, a evolução dos conhecimentos levou a substanciais modificações na conceituação do Grupo Araxá. Em primeiro lugar, a Unidade Xisto-Quartzítica, de Silva *et al.* (1974), passou a ser denominada de Grupo Estrondo por Hasui *et al.* (1975), considerando que "o chamado Grupo Araxá do norte de Goiás não pode ser correlacionado com o Grupo Araxá, definido no oeste mineiro e estendido até a região de Peixe (GO), pois as vergências são opostas, o grau de metamorfismo do primeiro decresce gradualmente para oeste e existe uma faixa de Complexo Basal Goiano separando as duas unidades Araxá". Em seguida, na região das serras da Mesa e Dourada, no centro de Goiás, com base em evidências estratigráficas, litológicas e tectônicas, Marini *et al.* (1977) propuseram a denominação de Grupo Serra da Mesa para o pacote de metamorfitos anteriormente considerados Araxá. Finalmente, extensas áreas de ocorrências de anfibolitos, além de outras rochas metaígneas e metasedimentares em Goiás Velho, Crixás, Hidrolina e Pilar de Goiás, foram individualizadas como *Greenstone Belts* Arqueanos e retiradas do Grupo Araxá (Sabóia 1979). Quanto aos xistos ocorrentes nas imediações de Pilar de Goiás, Crixás, Hidrolina, etc. e que teriam sido relacionados em trabalhos anteriores ao Grupo Araxá, este autor enumera uma série de características que tornariam sua posição estratigráfica duvidosa, podendo, inclusive, tais rochas serem parte da unidade de topo dos *greenstone belts*. Em contrapartida, o cinturão foi ampliado para leste, com a inclusão não só dos Metamorfitos Araí, representando uma fácies marginal do Sistema de Dobramento Araxá; como também do Grupo Natividade, estudado por Moore (1963, *in* Fuck & Marini 1981). O Grupo Natividade também seria depositado em bordas de plataforma, sendo localizado na região nordeste do Estado de Goiás, próximo da cidade de Natividade.

Uma das principais feições tectônicas regionais do Grupo Araxá, de Barbosa (1955), é a brusca mudança das direções estruturais que ocorre na altura do paralelo de Brasília, a qual Araújo Filho (1978) denominou de Inflexão dos Pirineus (Figura 4). Essa importante estrutura divide os dobramentos proterozóicos e seu embasamento em duas porções distintas, com características tectônicas, estratigráficas, magmáticas e metalogenéticas diferentes (Marini *et al.* 1984). As linhas tectônicas mais marcantes da in-

flexão são duas falhas regionais paralelas e espaçadas de cerca de uma dezena de quilômetros, com direção geral WNW-ESE, estendendo-se do rio Araguaia, na altura do paralelo 15º, até o Distrito Federal, pouco a norte do paralelo 16º. Segundo Fuck & Marini (1981), esta inflexão divide a faixa de dobramento em dois segmentos distintos: o Segmento Setentrional, que compreende a parte central e o nordeste de Goiás, e é constituído pelo Grupos Serra da Mesa, Araí e Natividade, e o Segmento Meridional, que abrange o sul de Goiás e o Triângulo Mineiro, e onde são encontrados os Grupos Araxá e Canastra. No sul de Goiás e no Triângulo Mineiro, estão associados a micaxistos vários corpos graníticos, numerosos corpos de rochas máficas e ultramáficas metamorfizadas e extensas camadas gnáissicas, sendo escassos os quartzitos e as rochas carbonáticas. Na porção sul da inflexão, as direções tectônicas preferenciais são NW-SE. Já no segmento a norte da inflexão, inexistem gnaisses, granitos intrusivos, exceto pequenos corpos pegmatóides e metaultramáficas associadas à Sequência Serra da Mesa, sendo muito freqüentes os quartzitos e calcoxistos com mármore associados. As direções gerais dominantes dessa inflexão são NE-SW e as feições de encurtamento crustal são representadas por superfícies de cavalgamento de ângulo moderado a alto. Na região da Inflexão dos Pirineus parecem ter vigorado condições especiais de sedimentação, como também de deformação, uma vez que ocorrem na região seqüências anômalas, tanto em relação ao Segmento Setentrional, como em relação ao Segmento Meridional.

4.1.1 - O SEGMENTO SETENTRIONAL

A porção norte do Grupo Araxá se estende desde a Inflexão dos Pirineus até a leste de Cavalcante e nordeste de Natividade. Nessa região foram definidos os Grupos Natividade, Araí e Araxá, este último redenominado Serra da Mesa por Marini *et al.* (1977).

Na porção leste do Grupo Araxá (Grupo Serra da Mesa), as rochas vulcânicas encontradas na base do Araí são intermediárias a ácidas, enquanto no âmbito da Serra da Mesa domina um vulcanismo de natureza básica. As deformações crescem de intensidade de leste para oeste, passando de dobras suaves e abertas para dobramento isoclinal fechado, fato que é acompanhado por metamor-

fismo de intensidade crescente, do tipo barroviano. Assim, de leste para oeste passa-se de rochas não metamórficas a muito pouco metamorfitizadas para metamorfitos de fácies xisto-verde e anfibolitos de alta temperatura. A porção leste da bacia assenta-se sobre embasamento siálico, em sua maior parte constituído por rochas granito-gnáissica de natureza granodiorítica e tonalítica, localmente com *greenstone belt*, como em Natividade. Na porção média da bacia aparecem embutidos os Complexos de Barro Alto, Niquelândia e Cana Brava, representativos do Cinturão Granulítico Arqueano (Fuck & Marini 1981). No limite oeste da mesma bacia, o embasamento é também siálico, predominantemente granito-gnáissico, com *greenstone belts* locais como os de Crixás, Pilar de Goiás e Hidrolina.

A área onde ocorrem os jazimentos de esmeraldas de Santa Terezinha de Goiás já foi estudada anteriormente em trabalhos regionais de geologia. Barbosa *et al.* (1969, *in* Souza & Leão Neto 1984) incluíram em seus estudos a área onde atualmente se situam os garimpos de esmeraldas no Grupo Araxá. Segundo estes autores, o Araxá apresentaria uma seqüência basal composta de micaxistos intercalados de quartzitos, xistos e anfibolitos e uma seqüência superior de calcaxistos com intercalações de calcários.

Para Sabóia (1979), os xistos definidos como Araxá, na região de Crixás, Pilar de Goiás e Hidrolina, parecem ter uma posição estratigráfica duvidosa, pois alguns tipos litológicos da seqüência *greenstone belt* são similares aos Xistos Araxá. Este autor sugere que esses xistos sejam incluídos na unidade de topo do *greenstone belt*.

Drago *et al.* (1981) usaram o termo Complexo Goiano para as rochas atribuídas ao Pré-Cambriano mantendo a denominação de Grupo Araxá para a seqüência metassedimentar da região. Neste trabalho referido, ressaltam que "na região de Santa Terezinha de Goiás, entre esta cidade e a Fazenda Alegre, o Grupo Araxá encontra-se representado por quartzo-moscovita-granada xisto, migmatitos ou gnaisses e entre aquela cidade e a Fazenda Rio do Peixe ocorrem afloramentos de micaxistos com quartzitos finos, que se intercalam também em gnaisses e, em poucos lugares, ocorrem clorita xistos. Nessa última seção, ocorrem serpentinitos no leito do rio dos Peixes, também posicionados no Grupo Araxá; nos

ramais da estrada principal nota-se que a sucessão de micaxistos intercalados a quartzitos é comum".

Para Machado (1981), os xistos ocorrentes imediatamente a norte de Crixás, posicionados por Sabóia (1979) no Grupo Araxá, fariam parte dos terrenos do tipo *greenstone belt*, que se estenderiam de Crixás-Pilar para norte até a região de Mara Rosa-Porangatu, sendo a unidade basal representada, hoje, em Crixás-Pilar e as unidades média e de topo a norte desta, na região de Santa Terezinha, Mara Rosa e Porangatu (Figura 6).

Ribeiro & Sá (1983) consideram a área como uma seqüência vulcano-sedimentar, provavelmente do Proterozóico Inferior a Médio, em contato com biotita gnaisses do embasamento, sendo o termo ácido representado por metavulcânicas de composição dacítica e os termos ultrabásicos pelos seus equivalentes retrorretromorfizados, tais como talco-clorita xisto carbonático, biotita xisto carbonático (biotitito) e tremolita-clorita xisto. Subordinadamente ocorrem leitos de *metachert* ferríferos e manganésiferos e quartzitos ferruginosos e metamargas.

Souza & Leão Neto (1984), que realizaram um mapeamento geológico da área do garimpo de esmeralda, denominaram de Seqüência Santa Terezinha o conjunto vulcano-sedimentar de baixo grau metamórfico constituído de xistos cloríticos, talco xistos e sericita-quartzo xisto. Segundo esses autores, a sudoeste ocorre o domo granito-gnáissico da Serra de Santa Cruz, constituído por gnaisses grosseiros; a sudeste, um complexo gnáissico-anfibolítico, recoberto por uma espessa camada de solo e canga laterítica; e a noroeste, um complexo granito-gnáissico e um corpo granítico intrusivo, ao qual denominaram de granito São José do Alegre (Figura 7).

Devido às características litológicas, metamórficas, estruturais e de plutonismo associado da Seqüência Santa Terezinha, Costa (1986) correlacionou-a com os terrenos *greenstone belts* de Crixás. Segundo este autor, as rochas metaultramáficas menos transformadas dessa seqüência mostram relictos de níveis com textura do tipo *spinel* e índices químicos compatíveis com os *komatiitos* diferenciados de Crixás e de outras regiões do mundo, ou seja, essas rochas apresentariam $MgO > 20\%$, $Na_2O + K_2O < 0,9\%$, $TiO_2 < 0,9\%$, $CaO/Al_2O_3 > 1$ e alto teor de Cr e Ni. Propõe também

Período	Unidade		Lito-Estratigráfica	L I T O L O G I A
Quaternário	Quaternário		Aluvionar	Aluviões recentes arenosos e areno-argilosos com níveis de cascalhos.
			Terraços Aluvionais	Terraços aluvionares, arenosos e argilosos com níveis de cascalhos.
Terciário	Coberturas Detrito - Lateríticas			Litossolos, solos lateríticos com ou sem desenvolvimento de crostas lateríticas.
Proterozóico Superior	Cobertura Metassedimentar não Dobrada		Quartzito Serra Verde	Quartzito de caráter plataformar com delgadas intercalações de micaxisto.
	Intrusivas Ácidas			Injeções graníticas e pegmatíticas; granitos porfiríticos com estrutura de fluxo e xenólitos de rochas do Conjunto Vulcano-Sedimentar, granitos porfiríticos com aureólas monzoníticas.
Proterozóico Médio(?) a Superior	Intrusivas Básicas Metamorfizadas			Diques, <i>sills</i> e pequenos corpos de rochas básicas e ultrabásicas, frequentemente talcificados e anfibolitizados.
	Cobertura Dobrada	Grupo Araxá	Metassedimentos da Serra de Santa Luzia	Xistos com lentes de mármore, Quartzitos por vezes granatíferos ou cianitíferos localmente com lentes calcossilicatadas, xisto com intercalações quartzíticas próximo ao topo.
P R O T E R O Z O I C O 				

Fig. 6

COLUNA LITO-ESTRATIGRÁFICA PROPOSTA PARA A REGIÃO DE CRIXÁS - PILAR .
MARA ROSA - SANTA TEREZINHA DE GOIÁS - PORONGATU, POR MACHADO (1981)

FIG. 7 - Mapa geológico simplificado da região dos garimpos de esmeralda de Santa Terezinha de Goiás (mod. de Souza & Leão Neto, 1984).

que seja mantida para a faixa vulcano-sedimentar de Santa Terezi - nha a denominação de Grupo Pilar de Goiás, denominação esta empregada por Danni & Ribeiro (1978) para as rochas do *greenstone belt* de Pilar de Goiás-Guarinos.

4.1.1.1 - ESTRATIGRAFIA

Na definição original de Barbosa (1955), o Grupo Araxã se constituiria num conjunto de metamorfitos observados próximo à cidade homônima no Estado de Minas Gerais. A área de ocorrência dessa unidade foi estendida por Barbosa *et al.* (1966) para a região de Pilar de Goiás-Santa Terezinha-Mara Rosa. Eles a subdividiram em uma parte inferior, composta de micaxistos e quartzitos, e em uma parte superior composta por calcoxistos, calcários e quartzitos. Para esses autores, dentro dessa unidade estariam enquadradas todas as rochas xistosas e quartzíticas da área, que ocorrem sobre um Embasamento Pré-Cambriano Indiferenciado.

Um importante avanço para a evolução dos conhecimentos geológicos sobre essa região foi dado na segunda metade da década de 70, com a caracterização de faixas vulcanogênicas semelhantes aos *greenstone belts* sul-africanos (Danni & Ribeiro 1978). Sabóia (1979), estudando a região de Crixás e Hidrolina, identificou uma seqüência de rochas, caracterizadas como *greenstone belts*, bordejadas por corpos granito-gnáissicos e sobrepostas por uma seqüência de xistos com quartzitos subordinados. Nesta seqüência, caracterizada como do tipo *greenstone belt*, esse autor identificou os derrames que ocorrem na zona inferior maciça, concluiu haver *spinelifer* na zona intermediária e disjunção poliedral na zona superior. Subdividiu tal seqüência em três unidades: 1) unidade basal com rochas ultrabásicas e pequenas intercalações de rochas sedimentares e rochas básicas intrusivas, 2) unidade média de rochas básicas com intercalações ultrabásicas e sedimentares, e 3) unidade de topo de rochas sedimentares com níveis de rochas básicas e ultrabásicas. Na unidade média encontrou afloramentos com estrutura almofadadas.

Deve-se a Machado (1981), a principal referência que admite a continuidade, para norte, dos terrenos do tipo *greenstone belt* de Crixás-Guarinos-Pilar-Santa Terezinha-Mara Rosa-Porangatu num mesmo contexto de evolução geotectônica (Costa

1986), dentro da seguinte compartimentação: complexo basal englobando *greenstone belt*, granito-migmatítico e granulito; coberturas metassedimentares dobradas; e cobertura metassedimentar não dobrada (Figura 8). Segundo Machado (1981), o complexo basal engloba os terrenos *greenstone belt*, granito-migmatito e granulito, não tendo sido encontradas por ele, na região, rochas seguramente mais antigas do que as incluídas nestes terrenos. Afirma ter verificado diversos corpos básicos e ácidos intrusivos nestes terrenos e a eles relacionados. Para ele as coberturas metassedimentares dobradas (Grupo Araxá ou Serra da Mesa) afloram na porção sul e leste da área. A cobertura metassedimentar não dobrada seria representada pelo Quartzito Serra Verde, de caráter plataformar, ocorrente a oeste da cidade de Porangatu, pelos Depósitos Aluvionares Cenozóicos e por Lateritas Tércio-Quaternários. Com base nesses dados, propôs para a região de Crixás-Pilar-Santa Terezinha-Mara Rosa-Porangatu a coluna estratigráfica já discutida na Figura 6. Proposição semelhante é feita por Costa (1986).

4.1.1.2 - MAGMATISMO

São raras as exposições de rochas magmáticas e de seus sucedâneos metamórficos no Segmento Setentrional do Grupo Araxá ou Serra da Mesa. Na porção oriental do segmento, as rochas vulcânicas aparecem, sobretudo, na forma de derrames de lavas, sendo representadas principalmente por andesitos e riódacitos (Fuck & Marini 1981). Nas áreas mais internas do segmento, no âmbito do Grupo Serra da Mesa, há, ainda, poucos registros de vulcanismo. Marini *et al.* (1977) referem-se a uma grande incidência de anfíbolitos com vestígio de textura ígnea a oeste da serra de Cana Brava. Rochas plutônicas são também escassas na parte norte do segmento, sendo representadas de um modo geral, por granitos pegmatóides de forma amebóides e de dimensões reduzidas, estando concentrados na região de Mata Azul. Quanto aos granitos Serra Dourada, Serra da Mesa e Serra do Encosto, não há evidências de que sejam intrusivos nos metassedimentos Araxá e Serra da Mesa, que os circunscrevem (Fuck & Marini 1981).

Para Ribeiro Filho (1981), as intrusões graní-

ticas, na região de Pilar-Santa Terezinha-Mara Rosa, correspondem a "pequenos corpos de rochas ácidas que ocorrem nas cabeceiras do ribeirão Passa-Tresinho, em contato nitidamente intrusivo com os granada-biotita xistos do Grupo Araxá". Para esse autor, essas intrusões são geralmente de composição granítica, variando para partes granodioríticas a quartzo-monzoníticas e apresentando, nas zonas de contato, enclaves de xistos, dentro dos quais verificam-se apófises de material granítico.

4.1.1.3 - METAMORFISMO

O Segmento Setentrional do Grupo Araxá ou Serra da Mesa apresenta um zoneamento metamórfico na sua porção mais larga, com a intensidade do metamorfismo crescendo de leste para oeste. A sucessão de paragênese no sentido do aumento do metamorfismo mostra que este é do tipo cianita-sillimanita ou barrovidiano (Fuck & Marini 1981). Segundo Miyashiro (1973), tal seqüência é característica de cinturões metamórficos de pressão intermediária com gradiente geotérmico em torno de 20-25°C/km. Assim, numa seção E-W, entre Nova Roma-Cavalcante-Minaçu-Mata Azul, passa-se de rochas sedimentares praticamente destituídas de metamorfismo para metassedimentos com paragênese de fácies xisto-verde baixo na porção oriental do Grupo Araí, para xisto com estauroлита no vale do rio Tocantins e, mesmo, para xisto com sillimanita a noroeste de Mata Azul, no Grupo Araxá ou Serra da Mesa. Dessa forma, a passagem da fácies xisto-verde para anfibolito parece balizada pelo rio Tocantins. Marini *et al.* (1977) realizaram trabalhos na região central de Goiás e observaram feições de superimposição metamórfica resultantes de recristalização com neoformação de moscovita, clorita, biotita e quartzo. Essa recristalização, provavelmente, é reflexo de eventos do Ciclo Brasileiro.

Ribeiro Filho (1981) utilizou a designação de Seqüência Mara Rosa para definir uma "seqüência de rochas altamente metamórficas, cujo comportamento estrutural e características litológicas eram diferentes das demais Unidades Pré-Cambrianas" da região de Pilar-Santa Terezinha-Mara Rosa. As litologias mais frequentes na unidade são moscovita xistos, biotita-moscovita xistos, granada-biotita xistos, moscovita quartzitos, granada-mosco-

vita quartzitos, gnaisses, anfibolitos, epídoto anfibolitos , quartzo-epídoto anfibolitos, anfibólio-clorita xistos e xistos feldspáticos. Segundo esse autor, zonas ricas em cianita xistos e, às vezes em estaurolita xistos são freqüentes. Para ele, uma delas, que chega a desenvolver jazida de cianita na serra das Araras, estende-se desde o sul de Mara Rosa até Santa Terezinha de Goiás.

5 - OS GARIMPOS DE SANTA TEREZINHA DE GOIÁS

O início da atividade garimpeira de Santa Terezinha de Goiás data de abril de 1981. A descoberta de esmeralda ocorreu casualmente durante a abertura de uma estrada vicinal para a Fazenda São João, de propriedade do Sr. Antônio Sebastião da Silva, localizada cerca de 23 km da sede do Município.

As primeiras amostras foram recolhidas pelo Sr. Paulo Marques da Silva, empregado da Fazenda São João, que, ao passar pelo local, teve a atenção voltada para pequenas pedras, de coloração esverdeada, misturadas no solo trabalhado pela motoniveladora que abriu a estrada. Após coletar alguns espécimes, dirigiu-se ao garimpeiro Antônio Gusmão, que as identificou como esmeraldas, isto em abril de 1981. Começava-se, então, uma corrida de garimpeiros a Santa Terezinha de Goiás, os quais, em sua maioria vinham da Bahia, onde já eram conhecidos depósitos de esmeraldas desde 1964, na região de Carnaíba.

Os primeiros trabalhos iniciaram-se no chamado Garimpo de Cima, depois denominado de Trecho Velho, no local onde se deu a descoberta da esmeralda. Como sempre ocorre em tais casos, a notícia espalhou-se rapidamente, provocando o deslocamento de um grande contingente de garimpeiros para a área. Rapidamente foram garimpadas as imediações da primeira *mancha* conhecida, ocasionando, ao mesmo tempo, novas descobertas e a ampliação da área de garimpagem.

Os garimpeiros observaram que a esmeralda estava associada à rocha xistosa com caimento de 20 a 30° para NW. Com isso, os garimpeiros procedentes da Bahia, acostumados com o trabalho subterrâneo em Carnaíba, começaram a desenvolver o chamado Garimpo de Baixo, hoje denominado Trecho Novo, onde atualmente se concentram não só o maior número de garimpos como também a maior produção de esmeralda.

Atualmente, encontra-se em atividade na área cinco frentes de garimpagem, embora apenas três estejam produzindo esmeraldas: o Trecho Velho, Trecho Novo e Trecho do Zé Maria ou do Netinho. O Trecho dos Barbudos, localizado a oeste da área e o Trecho Loteado, localizado a norte, atualmente não **pro**

duzem esmeraldas. No Trecho Loteado, existem vários serviços em andamento com probabilidade de produzirem esmeralda a curto prazo. Já no Trecho dos Barbudos foram executados cinco poços, sendo neles encontradas apenas esmeraldas pequenas e quebradiças.

5.1 - ASPECTOS FISIAGRÁFICOS

A região dos garimpos de Santa Terezinha de Goiás situa-se no Planalto Central Brasileiro. O clima, segundo classificação de Köppen (1948), é do tipo Aw, com duas estações bem definidas: uma seca, que se estende do mês de maio a setembro e a úmida, de outubro a abril.

A temperatura média anual da região situa-se em torno de 24°C, verificando-se temperaturas elevadas, na primavera e no verão, e temperaturas amenas, no inverno. O regime pluviométrico apresenta um máximo de chuva no verão, com precipitações em torno de 1500 mm anuais.

A vegetação é pouco variada, predominando os cerrados, gradando localmente para campos e cerrados, dependendo da natureza do solo e da posição do nível freático. Matas-galerias são comuns ao longo dos principais cursos de água.

Os rios da região fazem parte da bacia do rio Araguaia. Na área do garimpo, a rede hidrográfica é representada pelos rios do Peixe e Crixás-Açu, na parte SW, e pelo rio dos Bois, na parte NE.

Como já foi referido anteriormente, a área objeto deste trabalho corresponde à *área legal de garimpagem*, conforme portaria do Presidente da República de número 442, datada de 30 de março de 1984. O relevo da região é, sobretudo, monótono, com altitude média por volta de 400 metros acima do nível do mar. Raramente observam-se algumas elevações. A maior parte da área encontra-se desmatada, sendo ocupada por pastagens artificiais destinadas à criação bovina.

5.2 - ASPECTOS ECONÔMICOS DOS GARIMPOS

A esmeralda constitui, juntamente com o diamante e o rubi, o grupo das gemas mais apreciadas e valorizadas da atualidade. A Colômbia foi o principal produtor mundial dessa ge-

ma, desde o descobrimento das Américas até o final da década de 70, devido às importantes jazidas de Muzo, Chivor e Cosquez, localizadas na Cordilheira Andina e exploradas desde os tempos da civilização inca. Outros produtores importantes são a União Soviética, a África do Sul, a Zâmbia e o Zimbábue.

O Brasil é o maior produtor de esmeralda da atualidade. Entretanto não existe, ainda, um reconhecimento internacional desse *status*, devido, talvez a uma menor tradição das nossas jazidas, além do fato de o comércio e de a lapidação dessa gema serem pouco desenvolvidos entre nós. Não há dúvida de que o garimpo de Santa Terezinha de Goiás é, hoje, um dos grandes produtores de esmeralda no mundo, participando com um grande percentual na produção mundial. Apesar de produzir pedras de primeira qualidade, é nas esmeraldas de baixa e média qualidade que está seu potencial. As esmeraldas de baixa qualidade eram quase que integralmente absorvidas pelos compradores indianos e coreanos até 1985. Por possuírem uma técnica mais avançada e contarem com mão-de-obra de baixo custo, esses compradores conseguiram fazer de pedras de baixa qualidade gemas de qualidade média.

Pedras de média e boa qualidade também saem clandestinamente do País, no bolso de coreanos, indianos e alemães, principalmente através de uma rota de descaminho que passa por *escritórios de exportação* estabelecidos no Rio de Janeiro, atingindo lugares tão díspares como Jaipur, na Índia, Tel-Aviv, Nova York, Paris, Bangkok, Tóquio e Idar-Oberstein, na Alemanha. Essas pedras reaparecem, brilhantemente lapidadas, em festas das exposições de jóias na Europa e nos Estados Unidos, locais que não possuem produção de esmeraldas (Teixeira 1987). Até compradores colombianos compram esmeraldas no Brasil, vendendo-as posteriormente como colombianas.

Além dos compradores estrangeiros que vêm a Santa Terezinha de Goiás, existe o mercado nacional e a exportação para absorverem boa parte das esmeraldas.

O Brasil é conhecido mundialmente pelas suas pedras preciosas, atraindo visitantes de todas as partes do mundo, que se dirigem especialmente para o Rio de Janeiro e Teófilo Otoni, onde se encontram os principais comerciantes de pedras preciosas. Até 1987, as leis que regulavam a exportação no Brasil eram falhas e acabavam estimulando o contrabando, fato que difi

cultava o trabalho dos exportadores brasileiros. A partir desse ano, 1987, o governo brasileiro mudou essa situação, pois criou uma política de incentivo aos exportadores de gemas, através da adoção do dólar ouro, o que solucionou o problema de câmbio.

As estatísticas sobre a quantidade de gemas exportadas são errôneas, uma vez que os dados oficiais são totalmente irreais. Para a CACEX, que só registra o que sai oficialmente do país, em 1986 foram exportados 47,3 milhões de dólares em pedras preciosas, dos quais 8,5 milhões em esmeraldas, e, até junho de 1987, o total exportado chegou a 29,7 milhões de dólares, dos quais 6,2 milhões em esmeraldas (Teixeira 1987). Para os técnicos do Departamento Nacional de Produção Mineral (DNPM) e da Metais de Goiás (METAGO), no mínimo 500 milhões de dólares saem todos os anos clandestinamente do país em esmeraldas de Santa Terezinha de Goiás.

O autor deste trabalho frequenta o garimpo de Santa Terezinha de Goiás desde 1983 e acha que a fiscalização deveria ser feita na *boca da mina*.

Cálculos simples efetuados na boca da mina revelaram que no local de lavagem de xisto (sieba) trabalham em torno de 2000 pessoas, lavando cerca de 3 carrinhos de xisto por dia cada uma, ou 90 carrinhos de xisto pessoa/mês, ou ainda 2.160.000 carrinhos/ano. Como o preço médio do carrinho de xisto mineralizado está em torno de US\$ 50.00, isto corresponde a um total de US\$ 108 milhões. Os proprietários de cada garimpo (donos de serviço) vendem parte de sua produção de xistos para os garimpeiros sem concessões (siebeiros), garantindo dessa maneira a continuidade das atividades garimpeiras na região. O restante do material é lavado por eles próprios, obtendo-se um valor no mínimo semelhante ao obtido pelos garimpeiros sem concessão (siebeiros), isto é, US\$ 108 milhões. Existe também a figura dos proprietários dos locais de lavagem de xisto (lavadores), em geral localizados nas margens do rio do Peixe, aproximadamente a 15 km da área garimpeira. Os donos de lavadores são também garimpeiros, mas não exercem atividades de extração de xisto. Esse tipo de garimpeiro também compra o xisto que lava, só que nesse caso em volume bem maior do que aquele dos garimpeiros sem concessão (siebeiros). Esses garimpeiros compram aos invés de um carrinho de mão um caminhão de caçamba de xisto. Estima-se que

a produção total desses lavadores é pelo menos o dobro daquela dos garimpeiros sem concessão, correspondendo a aproximadamente US\$ 216 milhões. Esses três segmentos de garimpeiros perfazem juntos US\$ 432 milhões para o preço do xisto no garimpo. Levando em consideração que para um trabalho de alto risco financeiro o lucro tem de ser no mínimo 50%, chega-se a um total de US\$ 648 milhões. Se considerarmos, ainda, que existe a figura do atravessador, que compra a gema no garimpo para revendê-la nos *escritórios de exportação* existente no Rio de Janeiro com uma nova porcentagem de lucro, chegaremos à conclusão de que sai todos os anos, clandestinamente do Brasil, algo em torno de 800 milhões de dólares de esmeraldas de Santa Terezinha de Goiás. Evidentemente, se tivéssemos recursos mais avançados de lapidação, essas pedras lapidadas alcançariam no mínimo o valor de 2 bilhões de dólares no mercado internacional.

De tudo o que foi dito anteriormente, nota-se que com a adoção do dólar ouro, para o exportador brasileiro é melhor vender a mercadoria legalmente do que contrabandeá-la. Com relação ao *importador*, em geral representado por compradores indianos, coreanos, alemães, etc., pode-se afirmar que ele simplesmente explora o negociante de pedra brasileiro e, além disso, rouba o fisco nacional.

Em cada região produtora de gema, os garimpeiros têm um modo peculiar de se comunicar e de dar nome às coisas. Haja vista o grande folclore existente a respeito do diamante no Brasil e no mundo. Santa Terezinha de Goiás não poderia constituir exceção, tendo também sua terminologia garimpeira particular, que, surpreendentemente, é bastante precisa e, na maior parte dos casos, traduz com precisão o que os garimpeiros pretendem informar. A título de complementação e de documentação dessa terminologia garimpeira, damos a seguir uma relação de alguns termos com o propósito de facilitar a compreensão do linguajar usado atualmente em Santa Terezinha de Goiás.

Canoão . Monoclinal com caimento de 20 a 30° para NW, geralmente mineralizado em esmeralda.

Capangueiro . Indivíduo que compra a gema na sieba e a revende na *Feira do Rato* .

Carrinho . Unidade de medida utilizada nos garimpos de esmeraldas brasileiros. Carrinhos metálicos, idênticos aos utilizados na construção civil, que os siebeiros utilizam para comprar xisto dos donos de serviço.

Carvão . Qualquer inclusão cristalina escura presente na esmeralda.

Costelão . Flanco das dobras que contém mineralização de esmeralda.

Dama . Pilar de sustentação mineralizado em esmeralda que o garimpeiro é obrigado a deixar para a sua segurança.

Feira do Rato . Local de comércio de gemas nas cidades de Santa Terezinha de Goiás e Campo Formoso, BA, feito pelos capangueiros.

Frincha . Plano de fraturamento por onde percolaram as soluções mineralizantes e que produz esmeraldas de excelente qualidade.

Furo . Poço ou buraco com cerca de 2 m de diâmetro e de profundidade variável, feito para se atingirem os níveis mineralizados, sendo que atualmente alcança profundidades superiores a 300 m.

Gruna . Galeria estreita e irregular, horizontal ou inclinada, que acompanha os níveis mineralizados.

Quijila . Trabalhador autônomo que faz a catação de esmeraldas nos rejeitos.

Serviço . Área sorteada pelo DNPM, geralmente com 600 m² (30 x 20 m), onde o garimpeiro sorteado tem direito a desenvolver trabalhos em superfície e subsuperfície.

Sieba . Local onde é lavado o xisto dos siebeiros, sendo também o maior centro de comércio de gema no garimpo.

Siebeiro . Garimpeiro que não possui um serviço e trabalha o xisto que compra dos donos de serviço.

Xisto . Terminologia utilizada em todos os garimpos de esmeralda brasileiro para as rochas mineralizadas em esmeraldas.

Xisto cego . Talco xisto ou biotitito não mineralizado em esmeralda.

5.3 - GEOLOGIA DA REGIÃO DOS GARIMPOS

A Figura 9 mostra o mapa geológico da área do garimpo de Santa Terezinha de Goiás. Este mapeamento foi executado por Souza & Leão Neto (1984), pesquisadores do Departamento

Nacional da Produção Mineral (DNPM), na escala 1:100.000. Segundo esses autores, a estratigrafia da região dos garimpos de Santa Terezinha de Goiás é extremamente complexo, sendo representada por uma sucessão de metamorfitos diversos e um corpo granítico intrusivo (Figura 10).

Como mostra a Figura 9, distinguem-se, na região do garimpo de Santa Terezinha de Goiás, três conjuntos tectonicamente distintos: 1) uma seqüência de rochas de baixo grau metamórfico constituída de clorita xistos, talco xistos e biotita xistos, portadora da mineralização esmeraldífera; 2) uma associação gnáissico-anfibolítica a SE; e 3) um conjunto granito-gnáissico cortado por um batólito granítico a NW (Souza & Leão Neto 1984).

5.3.1 - COMPLEXO GNÁISSICO ANFIBOLÍTICO: esta unidade ocupa a porção SE da área mapeada. Apresenta-se quase completamente recoberta por uma espessa camada de solo, sendo raríssimos os afloramentos. Faz contato com a Seqüência de Santa Terezinha de Goiás a noroeste, contato coberto por laterita. Todos os afloramentos até hoje descritos dessa unidade são de anfibolitos e diques básicos. Os anfibolitos foram encontrados formando pequenas lentes encaixantes nos gnaisses. Supõe-se que sejam derivados de retro metamorfismo de rochas de composição básicas (gabros e piroxenitos). De um modo geral, são rochas escuras de granulação fina. Constituem-se de anfibólio, epídoto, plagioclásio e pouco quartzo. Pequenos diques de metagabros, que normalmente afloram nos vales principais abaixo da crosta laterítica, foram observados dentro dos anfibolitos. Esses diques são rochas de cor verde-acinzentada a cinza-escuro e de granulação fina a média.

5.3.2 - DOMO GRANITO GNÁISSICO DA SERRA DE SANTA CRUZ: ocupa aproximadamente 15% da área mapeada com ocorrência a sudoeste do mapa entre os rios Crixás-Açu e do Peixe e aflora em zonas topograficamente acidentada, formando a serra de Santa Cruz. Esse domo é uma rocha de granulação média a grosseira, coloração acinzentada, com estrutura marcada pela alternância característica de bandas claras (quartzo e feldspato) e escura (biotita e acessórios). Eventualmente apresenta porfiroblastos de feldspatos orientados com até 5 cm de tamanho imersos numa matriz fina a média. Mineralogicamente, constitui-se de biotita, feldspatos e quartzo, além de

CINTURÃO METAMÓRFICO TIPO FAIXA MÓVEL	INTRUSIVAS ÁCIDAS <div>Pm γ</div> Granito São José do Alegre	PROTEROZOÍCO MÉDIO (Pm)
	COMPLEXOS GNÁISSICOS <div>Pi grn</div> Complexo Granito - Gnáissico	PROTEROZOÍCO INFERIOR (Pi)
	COMPLEXOS VULCANO-SEDIMENTARES <div>Pi st</div> Seqüência de Santa Terezinha	
NÚCLEOS ANTIGOS	DIQUES BÁSICOS (db) ----- NÚCLEOS PRIMITIVOS DE CROSTA CONTINENTAL <div>Agrn</div> Domo granito gnáissico da serra de Santa Cruz <div>Agnaf</div> Complexo gnáissico - anfibolítico	ARQUEANO (A)

FIG. 10 - Coluna estratigráfica da área dos garimpos de esmeraldas de Santa Terezinha de Coiás, estabelecida por Souza & Leão Neto (1984).

acessórios não identificáveis a olho nu. Localmente, observam-se pequenos cristais de granada, de coloração avermelhada.

5.3.3 - SEQUÊNCIA SANTA TEREZINHA: ocupa cerca da metade da região do garimpo de Santa Terezinha, sendo representada por um conjunto de baixo grau metamórfico, cujas fácies mais comuns são clorita-quartzo xisto, talco xisto, sericita-quartzo xisto e biotita xisto. Esse conjunto estende-se desde as imediações da cidade de Santa Terezinha de Goiás, no sentido norte e nordeste, como uma faixa estreita, bordejada por faixas de alto grau metamórfico a SW, SE e NW, ficando em aberto a NE na região do rio dos Bois. Conforme observações anteriores (Souza & Leão Neto 1984), foi verificado que essa sequência é constituída por um conjunto de metamorfitos representados por clorita-quartzo xistos, talco xistos, sericita quartzitos e magnetita-moscovita xistos.

5.3.3.1 - CLORITA-QUARTZO XISTOS são constituídos essencialmente por clorita e quartzo, com percentagens subordinadas de magnetita, epídoto, granada, sericita, biotita e carbonato. Normalmente apresentam-se alterados, exibindo coloração marrom-avermelhada. Quando preservados, a tonalidade oscila entre verde-clara e cinza-escura. Apresentam granulação fina, estrutura foliada e textura lepidoblástica a granolepidoblástica. Em geral, níveis de coloração esverdeados, constituídos predominantemente por clorita, alternam-se com níveis quartzosos.

5.3.3.2 - TALCO XISTOS são as rochas mais importantes da área mapeada, pois contêm todas as mineralizações de esmeraldas até agora conhecidas. Essas rochas possuem coloração cinza-esbranquiçada com tons amarelados à medida que aumenta a atuação dos agentes intempéricos. Mostram granulação fina, brilho sedoso, textura xistosa e laminação muito fina, sendo constituídas, principalmente, por talco, clorita, carbonato, veios secundários de quartzo e opacos. Possuem xistosidade proeminente devido à orientação do talco e da clorita. Dentro dos talco xistos, ocorrem bolsões de biotita xistos (biotititos), que também contêm mineralização de esmeralda. Os minerais acessórios dos biotititos são clorita, pirita e outros opacos. Tanto os talco xistos quanto os biotititos são cortados por veios secundários de quartzo, que

apresentam os mesmos efeitos de crenulação sofrido por tais rochas.

5.3.3.3 - SERICITA QUARTZITOS estão intimamente associados aos clorita-quartzo xistos. Em geral apresentam uma textura marcadamente granolepidoblástica, porém, em locais onde são mais ricos em sericita, mostram textura lepidoblástica. Comumente apresentam porfiroblastos de granada orientados segundo a direção da xistosidade, podendo ser observados níveis mais ricos em quartzo-sericita alternando-se com níveis essencialmente quartzosos. Mineralogicamente observam-se quartzo com contornos irregulares, sericita, clorita, uma quantidade apreciável de epídoto e opacos. Dentre os acessórios foram observados porfiroblastos de granada e magnetita.

5.3.3.4 - MAGNETITA-MOSCOVITA XISTOS ocorrem nas proximidades do contato da Sequência Santa Terezinha com o Complexo Granito-Gnáissico. Trata-se de uma rocha de cor cinza-esverdeada, granulação fina, foliada, textura lepidoblástica, e quase sempre crenulada. Além de magnetita e moscovita, costuma exibir níveis ricos em clorita e quartzo e também cristais de turmalina preta.

5.3.4 - COMPLEXO GRANÍTICO GNÁISSICO: ocorre numa faixa estreita a NW da região, representando cerca de 10% da área mapeada. Macroscopicamente, é representado por um gnaisses esbranquiçado de granulação média, bastante quartzoso e friável. Em muitos afloramentos não apresenta um aspecto típico de gnaisses. Em lâminas petrográficas, porém, é fácil observar a presença de quartzo, plagioclásio, microclínio, moscovita e biotita, tendo como acessórios zircão, sericita, epídoto e opacos.

O Complexo Granito Gnáissico ocorre na porção noroeste da *área legal de garimpagem*, representando aproximadamente 10% de seu total. Faz contato com a Sequência Santa Terezinha e com o Granito São José do Alegre. Macroscopicamente, essas rochas possuem coloração cinza-esbranquiçada. No tocante ao aspecto textural, as amostras granoblásticas são predominantes sobre as lepidoblásticas levemente orientadas. Mineralogicamente

observa-se quartzo xenoblástico, com contornos irregulares, extinção ondulante fraca a moderada, englobando feldspato alcalino e máficos. Dentre os máficos, biotita e hornblenda são os mais importantes. Entre os acessórios destacam-se opacos, zircão e epídoto.

5.3.5 - GRANITO SÃO JOSÉ DO ALEGRE: trata-se de um corpo intrusivo que ocupa um pequeno trecho da porção sudoeste da área. Foi separado pela primeira vez como granito na folha Mozarlândia, no Projeto Mapas Metalogenéticos e de Previsão de Recursos Minerais (Oliveira 1982, *in* Souza & Leão Neto 1984). No contato com a Sequência Santa Terezinha, acha-se bastante cataclasado. Macroscopicamente possui cor cinza e granulação fina a média. Os efeitos de cataclase dão a algumas amostras uma orientação incipiente. Algumas amostras estudadas apresentam textura porfirítica com fenocristais de feldspato em uma matriz de quartzo e máficos representados por anfibólio e biotita.

5.4 - GEOLOGIA DA ÁREA LEGAL DE GARIMPAGEM

De um modo geral, a região é coberta por uma espessa camada de solo, fazendo com que a fotointerpretação e as técnicas usualmente empregadas em trabalhos desta natureza não forneçam subsídios suficientes para a separação das unidades litológicas que ocorrem na área. Entre os obstáculos encontrados por ocasião do mapeamento, podem-se enumerar a ausência de afloramentos e o contínuo e espesso manto de alteração. Devido aos problemas citados, decidiu-se concentrar os trabalhos na região de garimpagem. Algumas centenas de quilômetros foram percorridos através de estradas adjacentes aos garimpos, utilizando-se um veículo fornecido pelo Departamento Nacional da Produção Mineral-Distrito de Goiânia.

Com base nos diversos perfis realizados, na expectativa de se determinarem as várias litologias ali ocorrentes, foi possível elaborar um mapa geológico da *área legal de garimpagem*. Este mapa, mostrado na Figura 11, está, por sua vez, inserido no contexto regional descrito por Souza & Leão Neto (1984), contexto apresentado anteriormente na Figura 9.

FIG. 11 - Mapa geológico da área legal de garimpagem de Santa Terezinha de Goiás.

Observa-se na Figura 11 a existência de dois conjuntos distintos representados pelo Complexo Granito Gnáissico e pela Sequência Santa Terezinha composta pelas litologias descritas anteriormente. O mapa mostra, ainda, a região de garimpagem onde estão concentradas as atividades exploratórias atuais. Essa região, como se observa, ocupa uma área pequena, considerando-se a extensão do polígono de garimpagem legal e a própria extensão da Sequência Santa Terezinha. Finalmente o mapa mostra a posição de um poço exploratório aberto pela Empresa Nossa Senhora Aparecida Ltda (ENSA). O referido poço foi perfurado até a profundidade de 117 m, constituindo um caso único pois nele foi efetuada uma amostragem metro a metro, concomitante com o desenvolvimento dos trabalhos. Vale a pena ressaltar que nos demais poços visitados na região não foi possível fazer-se uma amostragem adequada pelo fato de eles terem sido abertos com a finalidade específica de se encontrar esmeralda, não se tendo coletado amostras durante a abertura, não sendo possível tampouco fazer-se essa atividade posteriormente. Tendo em vista a documentação fornecida pelo poço da ENSA, apresenta-se, a seguir, uma descrição por menorizada das litologias reveladas através de análises do referido poço. Tais litologias, para facilidade de compreensão, foram divididas em dois grupos distintos no tocante a presença ou ausência de esmeraldas.

5.4.1 - ROCHAS MINERALIZADAS EM ESMERALDAS

5.4.1.1 - QUARTZO-CARBONATO-TALCO XISTOS (1): são as rochas mais importantes da área mapeada pois, juntamente com os biotita/flogopita xistos, contêm todas as mineralizações de esmeraldas até agora conhecidas. Essas rochas ocorrem, em sua maior parte, como intercalações centimétricas a métricas nos quartzo-carbonato-talco xistos (2), nos biotita/flogopita - carbonato xistos com quartzo e nos moscovita - clorita - carbonato - quartzo xistos (Figura 3). Possuem coloração cinza-esverdeado e tonalidades amareladas, à medida que se aumenta o grau de alteração intempérica. Mostram granulação fina, brilho sedoso e possuem xistosidade proeminente devido à orientação do talco. A textura é tipicamente lepidoblástica apresentando, às vezes, alguns níveis de quartzo recristalizado acompanhando a xistosidade da rocha.

A mineralogia essencial é formada por talco, carbonato e quartzo, sendo os acessórios representados por berilo (esmeralda), cromita, titanita e pirita. O talco apresenta uma coloração amarelada muito pálida devido, possivelmente, a algum processo de oxidação, apresentando-se sob a forma de agregados lamelares semelhantes a flocos. Apesar de mostrar uma orientação preferencial dominante, é ainda caracterizado por um entrelaçamento variado entre as suas palhetas, desaparecendo em alguns níveis o caráter orientado (Fotomicrografia 1). Por vezes, nota-se que cristais isolados de talco têm projeções finas e irregulares para o carbonato vizinho. Na maioria dos cristais de quartzo, de carbonato e de berilo (esmeralda), o talco aparece como inclusão sob a forma de cristais diminutos. Localmente, observa-se a presença de um aglomerado de microcristais de cromita alinhados nos interstícios das lamelas de talco formando cordões bem definidos.

Dentre os minerais granulares, o carbonato é o constituinte mais abundante ($\approx 25\%$), sendo, seguido de perto pelo quartzo ($\approx 20\%$). O carbonato aparece, em geral, mostrando forma subédrica com perfis subarredondados ou ligeiramente irregulares. Além disso, apresenta extinção ligeiramente ondulante, caráter biaxial anômalo com $2V$ em torno de 10° , o que evidencia que esse cristal foi submetido a esforços tectônicos após a cristalização. Cristais de carbonatos aparecem, ainda, como inclusão nos cristais de berilo (esmeralda), onde assumem formas bastante irregulares. O quartzo, por seu turno, encontra-se homogeneamente distribuído em meio aos interstícios dos cristais de talco, exibindo formas alongadas ou subarredondadas, paralelas à xistosidade da rocha, ou, ainda, como inclusão de contornos irregulares, comumente disposta nos planos de clivagem dos carbonatos.

Nos quartzo-carbonato-talco xistos (1) os acessórios mais comuns são berilo (esmeralda), cromita, titanita e pirita. O berilo (esmeralda) apresenta caráter biaxial ligeiramente anômalo, com $2V$ variando entre 2 a 5° , o que mostra que foi certamente submetido a esforços tectônicos após a cristalização.

Mostra ainda feição estrutural de caráter helicítico, indicativo de rotação, onde o talco aparece como inclusão formando padrões algo espiralados (Fotomicrografia 2), além de produzir uma xistosidade de contorno dos cristais de esmeralda

0,2 mm

FOTOMICROGRAFIA 01 - Vista geral do quartzo-carbonato-talco xisto (l), mostrando as relações entre o carbonato (C) com lamelas de geminação e a massa de talco (T) fibrolamelar, sem orientação visível. Aparecem ainda grãos de quartzo (Q) anedrais com orientação incipiente. Nicóis cruzados.

0,1 mm

FOTOMICROGRAFIA 02 - Berilo (esmeralda) repleto de inclusões de talco de dimensões e formas variadas mostrando um zoneamento em torno de um núcleo central de berilo com menor número de inclusão. No anel envolvente, nota-se a orientação das inclusões de talco. Nicóis cruzados.

evidenciando que a mesma deve ser de cristalização sin-cinemática em relação ao evento que produziu a xistosidade principal da rocha (Fotomicrografia 37). Geralmente constitui porfiroblastos anédricos grosseiros, de dimensões milimétricas a centimétricas, sem nenhuma orientação em relação à xistosidade desenvolvida pelo talco (Fotomicrografia 3). Exibe fraturas preenchidas por quartzo e/ou carbonato recristalizado, além de inclusões protogênicas de carbonato, talco e cromita, sem nenhuma orientação no cristal hospedeiro. A cromita, que geralmente se apresenta em cristas subédricos com perfis subarredondados ou ligeiramente irregulares, de tamanho diminuto, ocorre associada ao talco, carbonato (Fotomicrografia 4) e berilo (esmeralda), podendo ser reconhecida pela sua coloração castanho-avermelhada de suas bordas, quando observada em luz convergente. A titanita, que se apresenta comumente em cristais xenomórficos diminutos, ocorre associada a carbonatos e a níveis ricos em talco. A pirita é relativamente comum nesta rocha, podendo ser reconhecida macroscopicamente e pelas seções triangulares ou quadráticas típicas dos cristais do sistema cúbico.

5.4.1.2 - BIOTITA/FLOGOPITA XISTOS: ocorrem na forma de bolsões dentro das camadas de quartzo - carbonato - talco xistos (1). Trata-se de uma rocha de textura tipicamente lepidoblástica, de cor preta-esverdeada. Nessa rocha, em termos macroscópicos, observam-se níveis enriquecidos com megacristais de pirita. Essas rochas são constituídas, predominantemente, por biotita/flogopita (~ 95%). Secundariamente, aparecem pirita, quartzo, turmalina apatita, clorita, zircão e titanita.

A biotita/flogopita apresenta-se em cristais anédricos e subédricos alongados, distribuídos de maneira homogênea na rocha (Fotomicrografia 5). Localmente ela cresce contornando cristais de turmalina e seções quadráticas de pirita. Opticamente essa mica é caracterizada por uma coloração marrom, pleocroísmo forte (X = castanho-pálido quase incolor e Y ~ Z = castanho-escuro ligeiramente amarelado), extinção paralela à clivagem, caráter biaxial negativo com 2V muito baixo (~ 2°) e elongação positiva (*length-slow*) segundo a direção da clivagem.

A pirita distribui-se na forma de porfiroblas-

FOTOMICROGRAFIA 03 - Porfiroblasto de berilo (esmeralda) circundado por uma massa constituída de lâminas finas e homogêneas de talco. Observa-se no porfiroblasto algumas inclusões pontuais de quartzo. Nicóis cruzados.

FOTOMICROGRAFIA 04 - Vista geral do quartzo-carbonato-talco visto (1), mostrando as direções de clivagem de um grão de carbonato (C), as cores intensas do talco (T) e cristais subedrais de cromita (Cr), possivelmente com duas dimensões principais. Nicóis cruzados.

tos idiomórficos na massa micácea, mostrando uma grande quantidade de inclusões de quartzo e biotita/flogopita. O quartzo, apresentando extinção ondulante bem pronunciada, ocorre na forma de aglomerado de cristais xenomórficos, sem orientação na rocha. A turmalina distribui-se em cristais idiomórficos de seção pseudo-hexagonal na forma de porfiroblastos na biotita/flogopita (Fotomicrografia 6). Apresenta um forte zoneamento de cores, com o núcleo azulado e as bordas castanho-amareladas. Mostra pleocroísmo acentuado de castanho-amarelado a azulado, caráter biaxial anômalo com $2V$ em torno de 10° , o que mais uma vez, indica a atuação dos esforços tectônicos neste mineral. A apatita ocorre na forma de cristais xenomórficos, perfeitamente límpidos, apresentando relevo alto e cor de polarização cinza-claro. A clorita exibe coloração esverdeado, com forte pleocroísmo, e ocorre em apenas alguns pontos localizados da rocha. O zircão apresenta-se em cristais diminutos idiomórficos, estando associado à biotita/flogopita, desenvolvendo halos pleocróicos notáveis. A titanita apresenta-se em cristais isolados ou formando aglomerações diminutas, sendo observada dispersa na biotita/flogopita ou como inclusão nos porfiroblastos de turmalina.

5.4.2 - ROCHAS ISENTAS DE ESMERALDAS

5.4.2.1 - BIOTITA/FLOGOPITA-CARBONATO XISTOS COM QUARTZO compreendem as rochas caracterizadas pela intercalação de níveis essencialmente carbonatados e níveis predominantemente micáceos. Essas rochas mostram uma xistosidade bem definida pela orientação da biotita/flogopita, exibindo textura que pode ser descrita como granolepidoblástica. Os níveis rochosos estão intimamente correlacionados com os níveis mineralizados em esmeraldas, sendo designados por *xistos cegos* pelos garimpeiros. A passagem das rochas xistosas mineralizadas para esse tipo litológico se faz gradualmente, sendo possível notar interdigitação entre uma e outra camada.

Embora muito semelhante textural e estruturalmente à litologia descrita no subitem 5.4.1.2, essa rocha apresenta, além de um alto conteúdo de carbonato ($\sim 45\%$) associado ao quartzo ($\sim 10\%$), uma quantidade apreciável de rutilo como mine-

0,5 mm

FOTOMICROGRAFIA 05 - Biotita/flogopita xisto constituído por cristais ripiformes distribuídos de maneira homogênea na rocha. Observam-se porfiroblastos de turmalinas verdes, algumas com zoneamento distinto. Nicóis paralelos.

0,1 mm

FOTOMICROGRAFIA 06 - Porfiroblasto notável de turmalina com zoneamento de cores proeminente imerso no biotita/flogopita xisto, contendo uma inclusão de titanita. Nicóis paralelos.

ral acessório.

A mineralogia básica é representada por carbonato, biotita/flogopita e quartzo. Rutilo, zircão, pirita, cromita, talco e clorita representam a mineralogia acessória.

Os carbonatos mostram cristais subédricos, com granulometria bastante variável, constituindo níveis preferenciais que se alternam com os domínios lamelares. É comum o aparecimento de cristais de quartzo e rutilo inclusos no carbonato. São frequentes lamelas estreitas, o que pode indicar geminação produzida pela ação de pressão ou ex-solução e uma possível instabilidade físico-química (Fotomicrografia 7). Como nas rochas anteriores, o carbonato apresenta extinção ligeiramente ondulante, caráter biaxial anômalo com $2V$ em torno de 10° , evidenciando esforços tectônicos sofridos pela rocha. A biotita/flogopita ($\sim 40\%$) mostra pleocroísmo intenso (X = amarelo-pálido quase incolor e $Y \sim Z$ = castanho-amarronzado) e extinção paralela à clivagem, apresentando aglomerações em níveis milimétricos e mostrando enriquecimento preferencial. Nessas rochas, localmente, observam-se cristais de biotita/flogopita hipidiomórficos, em geral cercados parcialmente por carbonatos e quartzo. O rutilo é a inclusão mais comum nos níveis micáceos. O quartzo aparece como mineral subordinado e ocorre preenchendo primordialmente os interstícios dos níveis carbonatados, sendo característico os traços retilíneos de seus contatos com os carbonatos. Quando associado aos níveis micáceos, é comum o aparecimento de cristais xenomórficos, alongados na direção da xistosidade, exibindo contornos irregulares.

O rutilo é o acessório mais frequente. Apresenta coloração castanho-amarelada, formas subédricas alongadas ou subarredondadas. Ocorre em cristais isolados ou localmente em aglomerado principalmente associado à direção de orientação dos níveis micáceos. Exibe geminação em joelho e comumente está presente como inclusão nas micas (Fotomicrografia 8) e mais raramente nos carbonatos e no quartzo. O zircão é observado como inclusão diminuta nas micas, podendo ser reconhecido pelos seus halos pleocróicos distintos. A pirita é reconhecida pela seção quadrática típica, estando associada principalmente aos níveis lamelares. Cristais muito pequenos de cromita são observados em alguns locais, apresentando-se em dois grupos com dimensões distintas,

FOTOMICROGRAFIA 07 - Vista geral do biotita/flogopita-carbonato xisto com quartzo, destacando-se as lamelas de um cristal de carbonato (C), rutilo (R), biotita/flogopita (BF) e algumas piritas (P) idiomórficas. Nicóis cruzados.

FOTOMICROGRAFIA 08 - Concentração de cristais de rutilo (R) idiomórfico incluindo no centro um geminado em joelho, sobre uma ripa de biotita/flogopita (BF), circundada por grãos de carbonatos (C). Nicóis paralelos.

sugerindo tratar-se de duas gerações. Alguns poucos cristais de talco ocorrem associados aos níveis carbonatados, sem nenhuma orientação. As lamelas de clorita diminutas podem ser reconhecidas devido ao seu pleocroísmo.

5.4.2.2 - QUARTZO-CARBONATO-TALCO XISTOS (2) são as rochas, que, juntamente com a litologia anteriormente descrita, recebem a denominação de *xisto cego*. Basicamente, a diferença entre essa litologia e a dos quartzo - carbonato - talco xistos (1) já descrita é a ausência de berilo (esmeralda). Além disso, usando-se da terminologia garimpeira, o xisto não mineralizado é mais coeso, enquanto os níveis mineralizados são muito friáveis, quebrando sob um simples impacto. Macroscopicamente existe uma clara diferença entre as duas rochas. O xisto mineralizado apresenta um aspecto mais grosseiro com a xistosidade mais proeminente e os níveis carbonatados facilmente observáveis, enquanto a rocha não mineralizada tem um aspecto mais fino com a xistosidade não muito desenvolvida.

Ao microscópio, os quartzo - carbonato - talco xistos (2) apresentam textura lepidoblástica, sendo a mineralogia básica representada por talco (~ 70%), carbonato (~ 20%) e quartzo (~ 10%). O grupo dos minerais acessórios é representado por cromita, pirita, titanita, observando-se, às vezes, rutilo concentrado em algumas lâminas delgadas. O talco forma aglomerados típicos constituídos por palhetas de formas e tamanhos variados, que se amoldam aos porfiroblastos de carbonato, sendo raras as ocorrências de lamelas isoladas. Mostra, entretanto, feições cataclásticas caracterizadas principalmente por uma fragmentação dos cristais em palhetas menores, localmente sem nenhuma orientação. A distribuição dos cristais de talco dá-se grosseiramente segundo uma direção preferencial, enquanto alguns cristais ripiformes podem ocorrer dispersos entre alguns níveis carbonáticos, porém mantendo a tendência geral de orientação. O carbonato é visto em cristais hipidiomórficos, agrupados sem nenhuma orientação na rocha (Fotomicrografia 9), apresentando lamelas paralelas bem desenvolvidas (Fotomicrografia 10) como visto anteriormente. É comum a presença de inclusões xenomórficas de quartzo dispostas aleatoriamente no cristal hospedeiro ou orientadas segun-

FOTOMICROGRAFIA 09 - Detalhe do quartzo-carbonato-talco xisto (2), onde observam-se grãos de carbonatos (C) com direção de clivagem conspícuas, quartzo (Q) secundário preenchendo fratura e cromita (Cr) na região central da foto. Nicóis cruzados.

FOTOMICROGRAFIA 10 - Grão de carbonato sob nicóis cruzados, mostrando lamelas de geminação bem desenvolvidas, produzidas provavelmente por esforços tectônicos.

do as direções de clivagem do carbonato, conferindo um aspecto de dissolução posterior do mineral. Outro mineral de inclusão muito comum nos carbonatos é o talco, apresentando orientação com a foliação externa, indicando uma cristalização certamente pós-cinemat_{ica} do carbonato. Uma característica interessante é a grande quantidade de inclusões fluidas observadas nos carbonatos que apresentam tamanho diminuto, o que torna impossível determinar o número de fases fluidas presentes. Cristais de quartzo apresentam-se de forma intersticial, alongada na direção da xistosidade, estando intimamente associada aos cristais de talco, e de uma outra forma, associada aos cristais de carbonatos, cujo aspecto mostra ter havido dissolução do carbonato e recristalização posterior do quartzo. Esses cristais também apresentam-se totalmente xenomórficos com contornos arredondados ou alongados e com uma granulometria bastante variável. Em nicóis cruzados exibem extinção predominantemente ondulante. O aparecimento de inclusões constituídas por palhetas alongadas de talco euédrico, orientadas paralelamente à xistosidade externa, indica uma cristalização posterior em relação ao talco.

Com relação à mineralogia acessória, destacam-se os pequenos cristais de cromita, pirita, titanita e mais raramente rutilo. A cromita granular é encontrada em grãos individuais nos interstícios do talco e mais raramente nos níveis carbonatados. Ocorre na forma de grãos diminutos na massa de talco obedecendo ao padrão de orientação da xistosidade. A cromita tem um papel importantíssimo na gênese da mineralização esmeraldífera, visto ser o cromo um dos principais elementos cromóforos da esmeralda. A pirita pode ser reconhecida devido à presença de formas quadráticas, típica desse cristal do sistema cúbico. A titanita ocorre em cristais subédricos dispersos no talco e, às vezes, no carbonato, ou como grãos diminutos que bordejam a pirita e a cromita. O rutilo aparece em cristais isolados, de coloração castanho-amarelada, associado ao quartzo, talco e carbonato.

5.4.2.3 - MOSCOVITA-CLORITA-CARBONATO-QUARTZO XISTOS: textualmente, podem ser descritos como sendo uma rocha granolepidoblástica fina a média, onde os minerais granoblástico são representados por quartzo e carbonato, e os minerais foliados, que conferem

a xistosidade à rocha, pela moscovita e clorita (Fotomicrografia 11). A pirita limonitizada ocorre predominantemente associada aos níveis lepidoblásticos de moscovita e clorita.

Ao microscópio, seus minerais constituintes básicos são representados por quartzo, cujo percentual pode atingir até 40% em volume, por moscovita, clorita e carbonato. Subordinadamente aparecem pirita limonitizada, titanita, zircão e turmalina. O quartzo mostra formas subédricas com junções tríplices, quando integrante dos níveis essencialmente granoblásticos, e de cristais xenomórficos alongados, quando nos níveis lepidoblástico. É comum a presença de cristais de quartzo contendo inclusão de mica e turmalina, sem nenhuma orientação em relação à xistosidade externa. Quanto à moscovita e clorita presentes nessas rochas, elas se apresentam sob a forma de agregados lamelares intimamente associados entre si. Ocorrem em cristais alongados, de contornos irregulares, mas em parte subidiomórficos. Localmente, alguns desses cristais têm terminações laterais irregulares, que em parte parecem projetar-se para os cristais de quartzo. A moscovita apresenta feições cataclástica pela fragmentação dos espécimes maiores em lamelas pequenas, sem nenhuma orientação na rocha. Nos níveis com predomínio de minerais lamelares, a moscovita e a clorita aparecem intensamente deformadas (Fotomicrografia 12). Além da xistosidade muito pronunciada, observa-se, ainda, uma direção de crenulação quase perpendicular à xistosidade principal. Opticamente, a clorita mostra pleocroísmo distinto ($X = \text{verde}$ e $Y \approx Z = \text{praticamente incolor}$) e alongação negativa (*length-fast*). Essa propriedade óptica constitui exceção quando se leva em consideração as observações de Albee (1962) segundo as quais a clorita opticamente positiva ou com alongação negativa mostra, em geral, pleocroísmo do tipo $X \approx Y > Z$. Como se vê, não foi isto o que se verificou neste trabalho.

Entre os acessórios estão a titanita, o zircão, a turmalina e a pirita limonitizada. A titanita apresenta-se xenomórfica e se desenvolve ao redor do quartzo. O zircão apresenta-se em cristais diminutos, sendo observado geralmente como inclusão nas cloritas, onde desenvolve halos pleocróicos típicos. Cristais diminutos de turmalina de cor castanho-amarelada, birrefringência baixa, com seção pseudo-hexagonal, devido a uma combi

FOTOMICROGRAFIA 11 - Vista geral do moscovita-clorita-carbonato-quartzo xisto, destacando-se uma alternância de níveis de minerais granulares (quartzo e carbonatos) e minerais micáceos (moscovita e clorita). Nicóis cruzados.

FOTOMICROGRAFIA 12 - Detalhe da foto anterior, destacando-se a crenulação nos minerais micáceos, produzida por esforços tectônicos.

nação de prismas trigonais, aparecem como inclusão no quartzo ou mais raramente preenchendo os interstícios deste. Cristais de piritita são observados em amostra de mão, aparecendo microscopicamente em grãos xenomórficos alongados, intimamente associados aos níveis placoidais.

5.4.2.4 - BLASTOMILONITOS: compreendem as rochas caracterizadas pela apresentação da mineralogia mais simples dentre as já descrita na área de garimpagem de Santa Terezinha de Goiás. Contudo destaca-se à primeira vista a intensa deformação sofrida por elas. Primeiramente deve ser enfatizado que essa litologia ocorre na forma de duas intercalações de cerca de 5 metros cada uma, encaixadas no pacote de xisto (Figura 3).

Para Spry (1974), o milonito é uma rocha constituída por porfiroclastos dispersos em uma matriz abundante (50 a 90%), de granulometria muito fina e com estrutura foliada típica devido a esforços tectônicos. O blastomilonito, por sua vez, seria um milonito em que a recristalização é tão pronunciada que os esforços sofridos pela rocha são reconhecidos com muita dificuldade.

Essa duas intercalações compreendem as rochas caracterizadas por uma textura granoblástica, apesar de ser observada uma orientação pouco desenvolvida. Apresentam uma coloração esbranquiçada e macroscopicamente podem ser facilmente confundidas com um quartzito.

Ao microscópio, a mineralogia básica é representada por quartzo ($\approx 45\%$), carbonatos ($\approx 40\%$) e feldspatos ($\approx 10\%$), estando presente, como minerais acessórios, rutilo, turmalina e clorita. O quartzo apresenta-se predominantemente, constituindo um mosaico granoblástico de recristalização, onde se observa uma granulometria extremamente fina (Fotomicrografia 13). Junções trípticas entre os cristais de quartzo ou com os feldspatos adjacentes são facilmente observáveis. Neste caso, o quartzo exibe formas subédricas com ligeiro arredondamento e contatos bem definidos. Aparece também na forma de cristais xenomórficos de perfis angulares, intensamente fraturados, constituindo microporfiroclastos circundado pela matriz de quartzo muito fina. Este segundo tipo de quartzo só é observado em alguns locais da rocha,

havendo um predomínio absoluto de quartzo típico de recristalização. Ambos apresentam extinção ondulante muito pronunciada e granulometria muito fina, destacando-se aqueles de formas angulares e fraturadas como sendo os de dimensões maiores. O carbonato ocorre na forma de cristais xenomórficos, com extinção ondulante e com lamelas estreitas paralelas entre si. É comum a presença de inclusões xenomórficas de quartzo no carbonato. O feldspato ocorre em cristais euédricos de contornos regulares poligonais, envolvidos por quartzo (Fotomicrografia 14). Devido a vários fatores, tais como cor de polarização, tamanho dos cristais, ausência completa de qualquer vestígio de clivagem e inexistência quase completa de geminação segundo lei de Carlsbad, exige-se uma certa familiarização com a rocha para que se possa determinar com segurança o feldspato e separá-lo do quartzo. Uma característica desse mineral é a extinção do centro para as bordas comum na recristalização metamórfica.

O rutilo apresenta coloração amarelada típica, geminação em joelho e cristais minúsculos inclusos no quartzo e carbonato. A turmalina apresenta-se em seção pseudo-hexagonal ou trigonal, sendo quase sempre encontrada como inclusão no quartzo. Lamelas de clorita mostrando pleocroísmo fraco são observadas em percentagem muito baixa.

5.5 - ESTÁGIO ATUAL DA LAVRA

Atualmente, encontram-se em atividade na área cinco frentes de garimpagem, embora apenas três estejam produzindo esmeraldas - os Trechos Velho, Novo e do Zê Maria ou Netinho. O Trecho dos Barbudos, localizado a oeste da área, e o Trecho Loteado atualmente não produzem esmeraldas. No Trecho Loteado existem várias frentes em andamento, com a probabilidade de produzirem esmeralda a curto prazo. Já no Trecho dos Barbudos foram executados cerca de cinco poços. Neles foram encontradas apenas esmeraldas pequenas e quebradiças (Figura 12). A mineralização está associada a camadas de talco xisto, estando condicionada à presença de dobramentos e fraturamentos, por onde subiram as soluções mineralizantes. No Trecho Novo, as atividades já se estendem a uma segunda camada, enquanto no Trecho Velho apenas a

0,5 mm

FOTOMICROGRAFIA 13 - Vista geral do blastomilonito, com um aspecto de quartzito, onde observam-se uma massa de quartzo subédrico a anédrico com junções tríplices, alguns blastos de quartzo, além de carbonato (C) e feldspatos (F). Nicóis cruzados.

0,1 mm

FOTOMICROGRAFIA 14 - Detalhe da foto anterior, destacando-se grãos de carbonatos (C) envolvendo quartzo, um macrocristal de feldspato (F) geminado e rutilo (R) como acessório. Nicóis cruzados.

FIG. 12 - Localização das áreas dos Garimpos de Santa Terezinha de Goiás.

primeira é explorada.

TRECHO VELHO: localiza-se na porção sul da área onde foram encontradas as primeiras esmeraldas. Nele desenvolveram-se os serviços iniciais na forma de uma lavra rudimentar a céu aberto em rochas intemperizadas. A Figura 13 mostra a distribuição dos poços locados neste trecho, os quais se dispõem preferencialmente ao longo de uma direção estrutural $N20^{\circ}W$. À esquerda aparece uma depressão (valetão), na qual foram desenvolvidos trabalhos intensos de perfuração, que provocaram ao final o seu desmoronamento. O local de veio principal (Figura 13) coincide com a charneira de um dobramento em anticlinal. As esmeraldas de melhor qualidade foram encontradas ao longo do veio principal de talco xisto, que apresenta uma direção aproximada de $N10^{\circ}W$. Para leste, o talco xisto mostra-se pouco mineralizado, apesar de sua espessura considerável, ao passo que para noroeste apresenta-se pouco espesso, porém bastante rico em esmeralda de boa qualidade. Estes veios, denominados localmente de *canoões*, apresentam espessura em torno de 3 m e locais com concentrações anômalas de esmeraldas, conhecidos por frinchas, expressão garimpeira para designar os planos de fraturamento por onde percolaram as soluções mineralizantes.

TRECHO NOVO: localiza-se a norte do Trecho Velho. Atualmente é o que produz maior quantidade de gemas. A Figura 14 mostra a distribuição dos poços de exploração, que não estão concentrados como no Trecho Velho, mas, sim, espalhados. Isto resultou do fato de o DNPM ter loteado previamente a área, distribuindo 600 m^2 ($30 \times 20\text{ m}$) previamente a cada garimpeiro. No local, observam-se camadas de talco xistos intercaladas em uma sequência de clorita-quartzo xisto, às vezes, carbonático, de sericita quartzito e de quartzo-clorita xisto. Essas camadas apresentam-se localmente mineralizadas, sendo constituídas predominantemente por talco xisto e biotita xisto (biotitito). Neste trecho são observados dois veios principais (Souza & Leão Neto 1984) ou *canoões*, sendo que ao longo de sua estrutura há uma concentração dos serviços (Figura 14). Seguindo estes veios em subsuperfície, nota-se que a mineralização é praticamente contínua ao longo da estrutura

FIG. 13 - Direção da mineralização esmeraldífera no Trecho Velho.
Modificado de Souza & Leão Neto (1984).

FIG. 14 - Direção da mineralização esmeraldífera no Trecho Novo.
Modificado de Souza & Leão Neto (1984).

(canoão). Existe uma maior concentração de esmeralda nos locais onde o *canoão* se apresenta mais fraturado.

TRECHO DO ZÉ MARIA OU NETINHO: situa-se na parte NE da área (Figura 12), onde atualmente desenvolvem-se grande número de escavações. Nesse local ocorre uma faixa de rochas metaultrabásicas compostas predominantemente de clorita xisto com intercalações de talco xisto mineralizados cortado por veios de quartzo. Estes níveis de talco xisto apresentam espessura em torno de 2 m e mineralizações de esmeraldas na forma de pequenos cristais isentos de inclusões, algumas das quais de excelente valor comercial. No momento existem vários poços em fase de produção. Sondagens recentes detectaram mineralização à profundidade de 60 m, sugerindo tratar-se de uma área com um grande potencial minerário. De um modo geral camadas de talco xisto apresentam direção N30°E e mergulho de 25° para NW.

TRECHO LOTEADO: situa-se a norte do Trecho Novo (Figura 12), sendo representado por uma seqüência de rochas metaultrabásicas, encaixadas em clorita-quartzo xisto e sericita-quartzo xisto com espessura local estimada em aproximadamente 20 m. Poços completados nos últimos meses revelaram mineralização a profundidade de até 300 m. Nesse trecho têm-se uma espessa camada de talco xisto estéril e evidências de falhamentos. Nos poços mais antigos do Trecho Novo, a esmeralda foi encontrada a 50 m de profundidade. Já no Trecho Loteado, localizado apenas a 500 m a norte, a gema foi encontrada a 300 m de profundidade, sugerindo que houve falhamentos com abatimentos de blocos, que arrastaram as camadas mineralizadas para profundidades maiores nesse trecho.

TRECHO DOS BARBUDOS: localiza-se a oeste da área mapeada (Figura 12). Nele foram abertos vários serviços, mas apenas um produziu esmeraldas, porém de baixa qualidade e mesmo assim quebradiça. Litologicamente, observam-se talco xisto e magnetita-talco-clorita xisto intercalados em uma seqüência de biotita-clorita-quartzo xisto e calcoxisto. Atualmente não existem trabalhos exploratórios nesse trecho.

5.6 - CONTROLE DOS DEPÓSITOS

Os controles dos depósitos esmeraldíferos de Santa Terezinha de Goiás são litológicos e estruturais (Figura 15). Do ponto de vista litológico, o metalotecto é representado por camadas de talco xistos e lentes de biotita xistos (biotititos), ambas pertencentes à Sequência Santa Terezinha. O controle estrutural mais importante são dobras em monoclinais, que os garimpeiros denominam localmente de *canôes*. Tais monoclinais possuem caimento de 20 a 25° para NW. Neles têm-se as maiores possibilidades de quebramento, favorecendo o desenvolvimento dos maiores depósitos de esmeraldas. Às vezes, ocorrem mineralizações também nos flancos das dobras (costelões), que em geral apresentam mergulhos suaves, como está representado na Figura 15. Outro tipo de controle estrutural é representado por fraturamentos secundários (frinças), que via de regra apresentam direção N10°-15°W por onde ascenderam as soluções mineralizantes. Segundo os garimpeiros, nessas fraturas são encontradas as gemas com melhor cristalização e pureza do garimpo.

5.7 - MÉTODOS DE EXTRAÇÃO

Nos garimpos de Santa Terezinha de Goiás, na época da descoberta da esmeralda, a atividade garimpeira se processava nas coberturas eluviais a pequenas profundidades, atingidas por poços rasos, constituindo um garimpo desordenado e sem recursos (Foto 1). Com a chegada de garimpeiros mais experientes, vindos dos garimpos de esmeraldas de Carnaíba (BA), que já dominavam a técnica de abertura de poços profundos e galerias, é que se instalaram na região os trabalhos subterrâneos. Esta segunda fase se caracteriza por um garimpo ordenado, quando, então, passou a ser organizado por órgão governamentais, como o Departamento Nacional da Produção Mineral (DNPM), que fez um levantamento do garimpo, distribuindo lotes aos garimpeiros através de sorteio. Paralelamente a Polícia Federal proibiu o uso de armas, jogos e bebidas em toda a área do garimpo. Atualmente, tem-se uma correta demarcação de áreas em exploração no garimpo (Foto 2), graças à atuação do DNPM, do Sindicato dos Garimpeiros e da Polícia Federal.

FIG. 15 - Representação dos controles estrutural e litológico observados na jazida de esmeralda de Santa Terezinha de Goiás.

FOTO 1 - Vista geral da parte antiga do garimpo, desenvolvida em área de coberturas eluviais, onde os poços atingiram pouca profundidade.

FOTO 2 - Vista dos garimpos situados em uma área onde houve demarcação e distribuição dos lotes.

Os poços (furos) são buracos de 2 m de diâmetro, normalmente locados aleatoriamente dentro da área demarcada (serviço), na tentativa de atingir os horizontes mineralizados de talco xisto (Fotos 3 e 4). Eles são cavados aos poucos, com dinamite, à medida que vão sendo colocadas as toras de madeira para se evitar o desabamento. O sistema usado no garimpo utiliza poços quadrados ou circulares cujas paredes são escoradas por vigas de madeira encaixadas entre si. Quando é atingida a rocha fresca, o que ocorre em geral entre 10 a 15 m de profundidade, não se usa mais nenhum tipo de escoramento. Uma vez atingido o nível mineralizado, prossegue-se mediante a abertura de galerias (grunas) dentro do corpo de talco xisto (Foto 5). Essas galerias podem ser estreitas e irregulares, horizontais ou inclinadas, chegando, às vezes, a constituir verdadeiros salões subterrâneos, pois os garimpeiros simplesmente vão acompanhando a forma dos horizontes mineralizados. Como norma do DNPM, cada garimpo (serviço) tem uma área de 600 m^2 (20 x 30 m), que se projeta verticalmente desde a superfície até a subsuperfície. Esse princípio nem sempre é respeitado, originando conflitos entre os donos das áreas de garimpo.

No desmonte do material, são utilizados, desde ferramentas rudimentares, como alavancas e picaretas, até materiais sofisticados, tais como martelotes e guinchos elétricos. O transporte do material até a superfície é feito através de uma caçamba de borracha (Foto 3), alçada por guinchos elétricos. Nos serviços com infiltração alta, a água é esgotada por moto-bomba.

Na superfície a esmeralda normalmente é separada do xisto por um processo manual ou por um processo semimecanizado. No processo manual, o xisto é quebrado com martelo, marreta ou porrete de madeira. Mesmo que a esmeralda já esteja liberada do xisto, todo o material é lavado com peneiras dentro de tanques. Só então é feita a catação da gema. No processo semimecanizado, o xisto é levado aos lavadores, onde é desagregado, sendo feita a catação das gemas. Nos lavadores, geralmente situados nas proximidades de algum curso de água, o xisto é colocado em tambores (batedores) com pás de aço presas a uma haste giratória para o desagregarem. Esse batedor consiste de um cilindro de aço, de aproximadamente 1,0 m de diâmetro por 1,5 m de altura,

FOTO 3 - Vista da boca de um poço exploratório, vendo-se à direita do garimpeiro a caçamba que alça o xisto até a superfície.

FOTO 4 - Nível de talco xisto mineralizado a uma profundidade de 76m.

havendo em baixo uma hélice a 20 cm do fundo. Todo esse conjunto é acionado por um motor elétrico. A hélice tem por função a de desagregar o xisto, liberando-se as esmeraldas, que decantam no meio aquoso. Como se nota, nos dois métodos, a esmeralda sofre muitas fraturas, além de haver perda de uma parte considerável de gemas que não se soltam do xisto. Uma vez desagregado, o material é levado para as bancadas, onde se processa a cata propriamente dita. O rejeito é alvo de catação por mulheres, crianças e velhos, trabalhadores autônomos conhecidos por quijilas (Foto 6).

Outro aspecto interessante é a distribuição das funções de trabalho nos garimpos de Santa Terezinha, Carnaíba e Socotó. Existe o *dom do serviço*, o fiscal, o cortador, que trabalha no desmonte, o desarmolhador, que atua na limpeza e transporte, e o operador do guincho. Todas as despesas são custeadas pelo dono do serviço. Os trabalhadores são pagos pelo dia de trabalho, cabendo a eles, ainda, um carrinho de xisto por semana.

FOTO 5 - Vista de uma galeria (gruna) seguindo a mineralização no corpo de talco xisto.

FOTO 6 - Crianças desagregando e catando esmeralda nos xistos.

6 - DADOS MINERALÓGICOS DA ESMERALDA DE SANTA TEREZINHA DE GOIÁS

A esmeralda é uma gema conhecida desde os tempos da civilização egípcia, quanto era obtida a partir de uma mina situada nas montanhas Gebel Skait. Mais tarde descobriu-se o seu uso entre os ameríndios na região dos Andes. Colombianos sendo daí levada para a Europa pelos conquistadores espanhóis. Durante muito tempo foi confundida com o peridoto (olivina verde), principalmente na Índia e no Ceilão. Nos tempos modernos, tem sido explorada na Áustria, Zimbábue, União Soviética, Zâmbia, Paquistão, Colômbia e, a partir dos anos sessenta, também no Brasil (Mendes 1986).

A procura de jazidas de esmeraldas foi durante o período colonial um dos motivos que levou expedições a vasculharem todo o interior do Brasil. Somente em 1929, foi detectada a primeira ocorrência de esmeralda no município de Itaberaí, no Estado de Goiás (Leinz & Leonardo 1936, 1959), porém desprovida de interesse econômico. Em 1963, foi descoberto o depósito de Salininhas no Estado da Bahia (Cassedanne 1984), que produziu cerca de 100 kg de esmeraldas, estando hoje situado em área inundada pelas águas da barragem de Sobradinho. A partir da década de 60, o Brasil tornou-se um dos mais importantes produtores mundiais de esmeralda, graças à descoberta de uma série de jazidas notáveis. A primeira delas ocorreu em 1964, quando foram encontrados os depósitos de Carnaíba na região centro-norte da Bahia. Em 1977, descobriu-se a mina Belmont a 15 km de Itabira, Minas Gerais. Finalmente, em 1981 foi descoberto o maior depósito conhecido no mundo, localizado nas proximidades da cidade de Santa Terezinha de Goiás e, em 1983, foram descobertos os garimpos de Socotó, distante 40 km da jazida de Carnaíba. Os depósitos de Carnaíba, Socotó e Santa Terezinha de Goiás encontram-se em fase de garimpagem manual e/ou semimecanizada, enquanto a mina Belmont, em Itabira, depois de pesquisada para avaliação de seu potencial, encontra-se em fase de produção mecanizada (Branco *et al.* 1984). As principais jazidas e ocorrências de esmeraldas conhecidas no Brasil encontram-se representadas na Figura 16. Ela inclui Socotó (Couto 1985a), Salininhas (Draper

MINAS GERAIS

- 1- Itabira
- 2- Santana dos Ferros
- 3- Nova Era

CEARÁ

- 4 - Tauá

BAHIA

- 5 - Fazenda do Pombo
- 6 - Açude do Sossego
- 7 - Brumado
- 8 - Carnaíba
- 9 - Salininhas
- 10 - Socotó

GOIÁS

- 11 - Fazenda das Lajes
- 12 - Santa Terezinha de Goiás
- 13 - Pirenópolis
- 14 - Porangatu
- 15 - Mara Rosa
- 16 - Minaçu

FIG. 16 - Localização geográfica das jazidas e áreas de ocorrência de esmeralda no Brasil.

1963), Fazenda do Pombo, Brumado (Just 1926; Cassedanne & Cassedanne 1978) e Carnaíba (Couto 1978 e 1985b; Selig 1965; Grifon *et al.* 1967; Cassedanne & Cassedanne 1974; Moreira & Santana 1982; Couto & Almeida 1982) na Bahia; Santa Terezinha de Goiás, Fazenda das Lajes, Pirenópolis (Araújo & Leonardos 1986), Porangatu (Barros & Whitley 1986), Mara Rosa (Mendes 1989) e Minaçu (Lima Júnior *et al.* 1984) em Goiás; Itabira (Bastos 1981) e Santana dos Ferros (Cunha 1961) em Minas Gerais; além de Tauá (Cassedanne *et al.* 1979; Branco *et al.* 1984) no Estado do Ceará. A mais nova ocorrência ainda em fase de estudos, situa-se em Nova Era (MG), tendo sido descoberta casualmente em outubro de 1988, tal como verificado nos demais depósitos mencionados (Souza *et al.* 1989).

6.1 - GENERALIDADES

A esmeralda nada mais é do que a variedade verde do berilo, tendo, portanto, fórmula $\text{Be}_3\text{Al}_2\text{Si}_6\text{O}_{18}$ com quantidade menores de crômio e vanádio, que são as impurezas responsáveis pela sua coloração. Algumas esmeraldas possuem inclusões fluidas (monofásicas ou polifásicas), indicando, nesse caso, que a sua origem está relacionada a uma fase hidrotermal de baixa temperatura. Possuem também diversos tipos de inclusões cristalinas, em geral refletindo a paragénese externa. E entre essas inclusões as mais frequentes são micas, sulfetos, carbonatos e anfibólios.

O nome esmeralda deriva da palavra persa *baraget*, que significa pedras brilhantes de cor verde (Schumann 1983), originando posteriormente o termo *smaragdus* em grego, para finalmente originar a palavra latinizada *smaragdus*. A forma atualmente usada surgiu na Inglaterra durante o século XVI (Webster 1956).

O berilo cristaliza-se no sistema hexagonal. A estrutura atômica é constituída por grupos $(\text{Si}_6\text{O}_{18})$ na forma de anéis independentes de simetria senária, formada por seis grupos tetraédricos de (SiO_4) , unidos por átomos de oxigênio. Estes anéis são posteriormente ligados a pequenos cátions de alumínio e berílio, os quais servem para unir os anéis firmemente uns aos outros, tanto lateral como verticalmente. A força de ligação anula a possibilidade de clivagem prismática, permitindo so

mente clivagem difícil e mal definida, paralela ao plano basal . A dureza do berilo, na escala de Mohs, é de 7,5 a 8,0. O berilo apresenta dispersão e pleocroísmo fraco e raramente se mostra geminado. Sua densidade varia entre 2,66 e 2,76 (Deer *et al.* 1972) .

6.2 - MODO DE OCORRÊNCIA

As esmeraldas de Santa Terezinha de Goiás são encontradas no talco xisto, no biotita xisto ou em veios carbonatados de dolomita e magnesita. Normalmente, os cristais ocorrem na sua forma característica de prisma com seção hexagonal (Foto 7). Ao contrário das minas de Carnaíba e de Socotô, onde têm-se cristais prismáticos de berilo com cerca de 1 m de comprimento , em Santa Terezinha de Goiás a esmeralda ocorre na forma de pequenos cristais, sendo que os maiores já encontrados não ultrapassam 5 cm de comprimento (Souza *et al.* 1987).

A jazida de Santa Terezinha de Goiás situa-se num cinturão de rochas metamórficas proterozóicas, cujo embasamento é representado por rochas gnáissicas e as supracrustais pelos metassedimentos de Sequência de Santa Terezinha. Todo esse conjunto mostra caimento de 20 a 30° para NW. As zonas mineralizadas se alojam nos monoclinais na forma de bolsões concordantes ou filonetes discordantes. As esmeraldas estão encaixadas nas rochas de natureza básico-ultrabásica e em veios carbonatados centimétricos intercalados nessas rochas. A Foto 8 mostra um veio carbonatado com esmeralda e as Fotos 9 e 10 apresenta talco xisto com intercalações de carbonato e porfiroblastos de esmeralda . Na Foto 9, observa-se um veio de quartzo secundário cortando o talco xisto. Nesses níveis quartzosos nunca foi observada mineralização esmeraldífera, sugerindo que os mesmos são posteriores à cristalização da esmeralda. A esmeralda também pode ocorrer nas camadas de biotita xisto (biotitito) intercaladas no talco xisto (Fotos 11 e 12). No biotitito também podem ocorrer níveis carbonatados com esmeralda (Foto 11) e biotitito com grande quantidade de pirita contendo esmeralda.

FOTO 7 - Cristais de esmeraldas prismáticos com seção hexagonal, exibindo cor e aspectos texturais variados.

FOTO 8 - Esmeralda disseminada em um veio de carbonato circundado por talco xisto.

FOTO 9 - Talco xisto carbonatado com esmeralda, cortado por níveis quartzosos. Esses níveis quartzosos nunca se mostram mineralizados.

FOTO 10- Talco xisto carbonatado com esmeralda.

FOTO 11 - Biotita xisto (biotitito) com níveis carbonatados. Note que a percentagem de esmeralda é maior que a do carbonato.

FOTO 12 - Biotita xisto (biotitito) muito carbonatado, mineralizado em esmeralda, e grandes cristais de pirita.

6.3 - COMPOSIÇÃO QUÍMICA

O primeiro pesquisador a descrever o elemento berílio foi Vauquelin (1798, *in* Sinkankas 1981), que, em análise de esmeraldas colombianas, também detectou crômio, agora considerado como um dos principais cromóforos da esmeralda. Embora o berilo seja representado pela fórmula $\text{Be}_3\text{Al}_2\text{Si}_6\text{O}_{18}$, ele contém alguns álcalis, que, em certas variedades, podem atingir cerca de 5 a 8% em peso. Além do Na e Li, contém K, Ca, Fe, Cr, Mg, Sc, Mn e menos freqüentemente Rb e Cs. Nestes berilos com álcalis, o Li substitui o Al nas posições octaédricas, sendo que alguns átomos de Al substituem o Be nas posições tetraédricas. Desta maneira pode-se considerar o berilo como uma série isomórfica entre o $\text{Be}_3\text{Al}_2\text{Si}_6\text{O}_{18}$ e o $(\text{Na}, \text{K}, \text{Cs})\text{Be}_3\text{R}^{3+}\text{R}^{2+}\text{Si}_6\text{O}_{18}$, onde a posição R^{3+} pode ser ocupada pelos íons trivalentes Al, Fe, Cr e Sc, e a posição R^{2+} , pelos íons bivalentes Fe, Mn, Mg, e Ca. Os íons monovalentes Na, K, Rb e Cs ocupam os canais entre dois grupos HOH, enquanto o Li substitui o Be ou o Al. Mesmo os berilos gemológicos podem conter quantidades apreciáveis de H_2O^+ , provavelmente de natureza zeolítica, armazenadas nos canais da estrutura (Deer *et al.* 1972).

Beus (1966) observou que o berilo contém normalmente diversos tipos de impurezas, incluindo césio (desde traço até 11,3% de Cs_2O_3), sódio (máximo de 2,74% de Na_2O), cálcio (máximo de 3,98% de CaO), rubídio (desde traço até 1,35% de Rb_2O), lítio (até 2% de Li_2O), magnésio (máximo de 3,37% de MgO) e, raramente, potássio, bário e estrôncio. Entre os elementos de transição presentes no berilo, o mesmo autor inclui o ferro, o titânio, o manganês, o crômio, o vanádio, o escândio, o cobalto, o níquel e o cobre. Todos, exceto o crômio, ocorrem muito raramente. Deve ser mencionado que, apesar de o crômio ser considerado o principal fator responsável pela cor da esmeralda, poucas análises mostram a presença deste elemento. Leitmeier (1937, *in* Sinkankas 1981) reconheceu a dificuldade em se determinar o crômio, e, por isso, descreveu em detalhe o procedimento analítico para a sua determinação nas esmeraldas de Habachtal, que contém 0,12% de Cr_2O_3 . Sinkankas (1981) crê que as análises de esmeraldas em que o crômio não foi detectado re-

fletem mais as dificuldades analíticas do que a ausência deste elemento.

O vanádio é registrado muito raramente, desde traços até 0,9%. Beus (1966) sugere que a cor de algumas esmeraldas seja devida não ao crômio mas principalmente ao vanádio ou, então, à combinação deste elemento com o crômio.

Neste trabalho foram feitas 14 análises químicas por microsonda eletrônica (Tabela 1) e 20 por raios X dispersivos, uma das quais está ilustrada na Figura 17. Entre os óxidos principais foram observadas as seguintes variações: SiO_2 de 62,33 a 65,31%, Al_2O_3 de 12,05 a 13,14%, Cr_2O_3 de 0,08 a 1,35%, FeO de 1,23 a 2,66%, Na_2O de 1,31 a 2,97%, MgO de 2,48 a 2,77%, CaO de 0,01 a 0,02% e K_2O de 0,00 a 0,04%. Devido a dificuldades analíticas não foi dosado o valor do berílio, sendo adotado, então, um valor teórico de 12,5% (Deer *et al.* 1972). Correlacionando esses valores com dados citados por Schwarz (1987) para esmeraldas de outras localidades do Brasil, observa-se que os valores do SiO_2 e do Al_2O_3 são concordantes, enquanto que os do Cr_2O_3 , FeO e Na_2O são superiores aos do citado autor. CaO (0,01 - 0,02%) e K_2O (0,00 - 0,04%) não foram encontrados por Schwarz (1987) e nem por Hanni & Kerez (1983).

Fazendo uma análise detalhada destes valores, observa-se que os do SiO_2 e os do Al_2O_3 podem sofrer desvios consideráveis das proporções ideais no berilo puro onde $\text{SiO}_2 = 67,07\%$ e $\text{Al}_2\text{O}_3 = 18,97\%$, devido à substituição ou incorporação de íons estranhos na sua estrutura cristalina. Entre as esmeraldas brasileiras o SiO_2 varia de 65,39 a 66,60% em Itabira, de 65,42 a 65,96% em Socotó, de 63,95 a 66,56% em Carnaíba, de 63,16 a 63,76% em Tauá (Schwarz 1987) e de 62,98 a 64,74% em Porangatu (Barros 1985). Já o Al_2O_3 varia de 16,09 a 18,54% em Itabira, de 12,99 a 16,46% em Socotó, de 14,92 a 16,12% em Carnaíba, de 14,66 a 14,93% em Tauá (Schwarz 1987) e de 10,29 a 10,59% em Porangatu (Barros 1985). Para Schwarz (1987), os valores do SiO_2 podem variar entre 62,2 a 66,6% e os do Al_2O_3 , de 11,7 a 18,2%. Examinando os resultados apresentados na Tabela 1, observa-se que temos materiais que mostram valores muito baixos para Al_2O_3 . A análise STG-205, por exemplo, contém apenas 12,05% desse óxido. Entretanto, considerando que essa mesma análise apresenta 1,59% de FeO , 0,48% de Cr_2O_3 , 2,59% de MgO e que esses

Tabela 1 - Análises químicas parciais da esmeralda de Santa Terezinha de Goiás, obtidas por meio de microsonda eletrônica.

Óxidos	SiO ₂	TiO ₂	Al ₂ O ₃	Cr ₂ O ₃	FeO	MgO	CaO	Na ₂ O	K ₂ O	Total	OBSERVAÇÃO
STG-200	62.330	0.000	12.802	0.180	1.481	2.512	0.015	2.735	0.024	82.079	COR FRACA
STG-201	65.309	0.049	13.118	0.217	1.247	2.632	0.007	1.312	0.013	83.903	COR MÉDIA
STG-202	63.729	0.042	12.473	0.270	1.684	2.611	0.006	2.727	0.033	83.575	COR MÉDIA
STG-203	62.780	0.000	12.318	1.347	2.665	2.698	0.008	2.744	0.005	84.565	COR FORTE
STG-204	63.485	0.000	12.401	0.284	1.235	2.770	0.018	2.714	0.021	82.929	COR MÉDIA
STG-205	63.008	0.000	12.051	0.476	1.582	2.589	0.021	2.887	0.000	82.616	COR FORTE
STG-207	63.538	0.014	12.376	0.237	1.388	2.616	0.008	2.667	0.037	81.881	COR MÉDIA
STG-208	63.734	0.000	12.837	0.000	1.322	2.528	0.001	2.672	0.005	83.178	COR FRACA
STG-209	62.957	0.000	13.136	0.093	1.291	2.558	0.004	2.969	0.013	83.022	COR FRACA
STG-210	64.245	0.000	13.134	0.103	1.296	2.486	0.000	2.865	0.027	84.156	COR FRACA
STG-211	63.640	0.000	12.948	0.120	1.311	2.639	0.001	2.786	0.001	83.445	COR FRACA
STG-212	65.508	0.021	12.948	0.163	1.401	2.632	0.000	2.860	0.000	82.535	COR FRACA
STG-213	62.935	0.028	12.782	0.123	1.505	2.613	0.002	2.916	0.030	82.933	COR FRACA
STG-214	62.654	0.000	12.747	0.360	1.367	2.728	0.018	2.853	0.017	82.744	COR FORTE
*	64.530	0.000	14.280	0.900	0.480	2.790	0.000	1.890	0.000	84.744	-
*	64.390	0.000	14.370	0.250	0.690	2.830	0.000	2.160	0.000	84.690	-
*	64.600	0.000	13.960	0.550	0.990	2.890	0.000	2.030	0.010	85.030	-
*	64.200	0.000	13.490	0.830	1.160	2.960	0.000	2.060	0.010	84.710	-

* - Dados de Hanny & Kerez (1983).

FIG. 17 - Espectro de raios X dispersivos da esmeralda de Santa Terezinha de Goiás obtido na microsonda eletrônica.

óxidos podem substituir o Al na estrutura do berilo, esse resultado torna-se compreensível.

Com relação aos íons Cr e V a variação desses elementos também é considerável nas esmeraldas brasileiras. Para Barros (1985), o teor de Cr_2O_3 varia entre 0,15 e 0,90% e o de V_2O_3 , entre 0,03 e 0,09% nas esmeraldas de Porangatu. Schwarz (1987) encontrou as seguintes variações de Cr_2O_3 nas demais jazidas brasileiras: de 0,15 a 0,68% nas esmeraldas de Socotó; de 0,0 a 0,74% nas gemas de Carnaíba; de 0,10 a 0,23% nas esmeraldas de Tauá; de 0,0 a 1,00% em Itabira e de 0,10 a 1,54 em Santa Terezinha de Goiás. Esse autor não detectou V_2O_3 em nenhuma de suas análises.

6.4 - DENSIDADE

Conforme Gübelin (1968), a densidade da esmeralda varia significativamente de jazida para jazida. Examinando esmeraldas de diversas localidades, esse autor encontrou uma variação entre 2,67 e 2,78, com os menores valores para espécimes brasileiros que ele não cita a procedência, e os maiores para esmeraldas paquistanesas, respectivamente de 2,67 a 2,70 e de 2,75 a 2,78.

Com o intuito de conhecer as possíveis variações do material de Santa Terezinha de Goiás, foi selecionado um total de 80 exemplares, isentos de fraturas cicatrizadas por inclusões epigenéticas e com o menor número de defeitos possíveis. Esses espécimes foram medidos em uma balança de Westphall-Mohr existente no DEGEO/UFOP. A Tabela 2 apresenta os valores mais comuns encontrados nas medidas efetuadas. Observa-se que a densidade varia no intervalo de 2,673 a 2,774, com um valor médio de 2,711. A variação obtida com o material de Santa Terezinha de Goiás concorda perfeitamente com as variações referidas por Gübelin (1968) para esmeraldas de outros locais. A Tabela 3 com para valores de densidade de esmeraldas das principais jazidas do mundo, mostrando que a esmeralda de Santa Terezinha de Goiás possui similaridade com a de Itabira. As esmeraldas das demais localidades mostram variações menores com diferentes tendências.

As variações de densidade observadas podem estar relacionadas à presença de inclusões minerais que são parti-

Tabela 2 - Densidade da esmeralda de Santa Terezinha de Goiás ,
baseado em um lote de 80 espécimes gemológicos.

Medida	Densid.	Medida	Densid.	Medida	Densid.	Medida	Densid.
1	2.682	21	2.693	41	2.698	61	2.691
2	2.673	22	2.771	42	2.688	62	2.696
3	2.691	23	2.752	43	2.732	63	2.745
4	2.697	24	2.757	44	2.712	64	2.707
5	2.701	25	2.758	45	2.733	65	2.714
6	2.721	26	2.699	46	2.702	66	2.687
7	2.698	27	2.731	47	2.693	67	2.689
8	2.749	28	2.747	48	2.741	68	2.748
9	2.712	29	2.749	49	2.749	69	2.727
10	2.751	30	2.721	50	2.699	70	2.695
11	2.752	31	2.682	51	2.689	71	2.724
12	2.764	32	2.687	52	2.738	72	2.717
13	2.683	33	2.693	53	2.693	73	2.736
14	2.694	34	2.701	54	2.741	74	2.685
15	2.693	35	2.748	55	2.737	75	2.739
16	2.704	36	2.757	56	2.698	76	2.771
17	2.713	37	2.762	57	2.708	77	2.733
18	2.734	38	2.751	58	2.714	78	2.738
19	2.774	39	2.694	59	2.757	79	2.692
20	2.772	40	2.704	60	2.691	80	2.752

Tabela 3 - Densidade da esmeralda de Santa Terezinha de Goiás comparada com valores referentes a outras localidades.

Localidades	Densidade	Referência
Santa Terezinha de Goiás, GO	2.711	*
Carnaíba, BA	2,70-2,74	1
Itabira, MG	2,67-2,75	2
Salininha, BA	2,70-2,74	4
Pilão Arcado, BA	2,67-2,71	4
Tauá, CE	2,65-2,69	1
Colômbia	2,70-2,71	4
Urais, U.R.S.S.	2,70-2,71	1
Sandawana, Zimbábue	2,74-2,76	3
Transvaal, África do Sul	2,72-2,77	4
Zâmbia	2,73-2,79	3

* - Média de 80 determinações ensaiadas com espécimes gemológicos

(1) Branco et al. (1984); (2) Bastos (1981); (3) Schwarz (1988); (4) Mendes (1986).

cularmente muito comuns no material de Santa Terezinha de Goiás, ao contrário do que se observa nas esmeraldas de Itabira e da Colômbia, por exemplo.

6.5 - COR E PLEOCROÍSMO

O primeiro dado referente à origem da cor da esmeralda foi apresentado por Vauquelin (1798, *in* Webster 1956), que mediante análises químicas detectou a presença de crômio. No século XIX, muitos estudiosos acreditavam que a cor era devida a alguns compostos orgânicos por causa da calcita escura que acompanha a esmeralda de Muzo, na Colômbia. Em 1926, Wild & Klemm (*in* Sinkankas 1981), examinando esmeraldas de diversos depósitos, encontraram vanádio e crômio, sendo os primeiros a sugerir que o íon vanádio também seria responsável, em parte, pela cor desta variedade de berilo. Schmetzer *et al.* (1978, *in* Sinkankas 1981) fizeram estudos intensivos da causa da cor do berilo, notando uma coincidência geral das curvas de absorção dos dois grupos de esmeraldas sintéticas: as ricas em crômio e as ricas em vanádio. Mostraram também que, embora as evidências sejam insuficientes para estabelecer qual é o elemento responsável pela coloração das esmeraldas, tudo indica que o crômio e o vanádio exercam um papel importante nessa questão.

Wood & Nassau (1968), estudando esmeraldas de Salininhas (BA), encontraram teores de vanádio substancialmente superiores aos de crômio. Nas esmeraldas de Muzo, Colômbia, Nassau & Jackson (1970) observaram valores semelhantes de Cr^{3+} e V^{3+} , respectivamente de 0,10% e 0,12%. Barros & Whitley (1986) observaram um máximo de 1,16% de Cr_2O_3 e 0,087% de V_2O_3 nas gemas de coloração verde mais intensa da localidade de Porangatu, Goiás.

Os primeiros dados sobre os cromóforos da esmeralda de Santa Terezinha de Goiás foram apresentados por Lima Júnior *et al.* (1984). Esses autores, após analisarem 50 amostras por meio de espectrografia óptica, concluíram que a esmeralda contém valores médios de 5000 ppm de crômio, 700 ppm de vanádio e 3% de ferro. Análises de microsonda eletrônica realizadas por Hanni & Kerez (1983) em quatro esmeraldas, revelaram valores de Cr_2O_3 variando entre 0,25 a 0,90% e valores de V_2O_3 entre 0,02

e 0,40% (Tabela 1).

Com a finalidade de se determinar especificamente as causas da variação da cor na esmeralda de Santa Terezi - nha de Goiás, foram efetuadas duas análises dos possíveis cromóforos na esmeralda pelo método da absorção atômica. Escolhemos duas gemas de coloração contrastante, sendo uma verde-clara e outra verde-escura. Na gema verde-clara foram obtidos 1350 ppm de crômio, 180 ppm de vanádio e 1,26% de ferro, enquanto que a amostra de coloração verde-intensa forneceu valores de 2640 ppm de crômio, 370 ppm de vanádio e 2,35% de ferro. Aparentemente, a cor está relacionada à presença do crômio, do vanádio e do ferro, como se pode observar pelos valores medidos. Todos os três elementos aumentam à medida que a cor se acentua na esmeralda. Como se pode observar pela Tabela 1, as análises químicas obtidas por meio de microsonda eletrônica revelaram um teor médio entre 0,08% e 0,47% de Cr_2O_3 ; apenas uma das amostras analisadas revelou 1,35% de Cr_2O_3 . Confirma-se dessa maneira a relação já conhecida entre a intensidade da cor e o aumento dos cromóforos na rede da esmeralda, pelo menos no que diz respeito ao crômio. Esmeralda de cor verde-clara revelaram teores de Cr_2O_3 entre 0,08 a 0,18%. Nas pedras de coloração média, foram observados teores entre 0,2 a 0,3%; finalmente as gemas de cor intensa mostraram teores de até 1,35% de Cr_2O_3 .

O ferro tem sido considerado outro cromóforo possível da esmeralda. Alguns autores relacionam o aumento do teor desse elemento com a tonalidade azul observada em alguns exemplares. Observamos que o teor de FeO varia entre 1,235 e 2,665% em peso nos 14 espécimes analisados. Nas esmeraldas de Porangatu, o teor de FeO varia entre 0,70 e 1,42% (Barros 1985). Em outros locais, Schwarz (1987) observou que a variação de FeO é de 0,32 a 1,96% em Socotó, de 0,52 a 0,84% em Carnaíba, de 1,00 a 1,11% em Tauá, de 0,19 a 0,81% em Itabira e de 0,48 a 1,87% em Santa Terezinha de Goiás. Portanto as mais altas concentrações de ferro vistas em esmeraldas brasileiras ocorrem nas gemas de Santa Terezinha de Goiás. Como está evidenciado na Tabela 1, não existe correlação entre o aumento do crômio e do ferro, apesar de que os maiores teores de FeO foram observados em esmeraldas de cor forte (1,582 a 2,665% em peso, respectivamente). Gemas de cor fraca apresentam teores considerados altos desse óxido, como por

exemplo, na análise STG-213. Vale enfatizar que nenhuma das amostras analisadas apresentava matiz azulado, não se confirmando, portanto, que o aumento do teor de ferro produza essa tonalidade.

Com relação ao pleocroísmo, a variação de cor é bem definida mas não intensa. Assim sendo, ao longo do eixo c, o tom de cor verde é mais acentuado que na direção perpendicular ao eixo c.

6.6 - ÍNDICE DE REFRAÇÃO

Nas variedades do berilo, têm-se três grupos principais com valores distintos de índice de refração. O primeiro grupo inclui as variedades com coloração azulada, apresentando índices de refração variando entre 1,563 a 1,576. O segundo grupo é formado pela variedade rósea e por outros berilos alcalinos que mostram índices de refração entre 1,580 a 1,602. O terceiro é representado pela esmeralda com valores intermediários entre os anteriores. Contudo algumas esmeraldas podem apresentar índices extraordinariamente altos, como os encontrados por Bank (1980) em um exemplar da Zâmbia. Nesse mesmo material, foi encontrado um conteúdo alto de ferro, que foi interpretado pelo referido autor como sendo responsável pelo incremento do índice de refração.

No presente trabalho, foram determinados os índices de refração de 100 exemplares de natureza gemológica, como mostra a Tabela 4. As medidas foram efetuadas em um refratômetro para sólidos, modelo TOPCON, uma vez que utilizamos amostras previamente lapidadas. Em uma amostra contendo 1,26% de FeO, foram encontrados como valores para os índices de refração $\xi = 1,582$ e $\omega = 1,588$. Em uma segunda amostra contendo 2,35% de FeO, foram medidos os índices $\xi = 1,588$ e $\omega = 1,596$. Isso demonstra que há uma nítida correlação entre os índices de refração e o conteúdo de ferro na gema. Os máximos valores observados, $\xi = 1,584$ e $\omega = 1,599$, foram obtidos em uma esmeralda lapidada, que por esse motivo não pôde ser analisada. Como mostra a tabela 5, os índices de refração da esmeralda de Santa Terezi-
nha de Goiás são relativamente mais altos que os valores referentes às esmeraldas das demais localidades usadas na comparação.

Tabela 4 - Índice de refração da esmeralda de Santa Terezinha de Goiás, medidos por meio de um refratômetro para sólidos.

Amostra	ξ	ω	B	Amostra	ξ	ω	B	Amostra	ξ	ω	B	Amostra	ξ	ω	B
1	1.582	1.588	0.006	26	1.591	1.597	0.006	51	1.592	1.596	0.004	76	1.580	1.586	0.006
2	1.588	1.596	0.006	27	1.595	1.599	0.004	52	1.590	1.596	0.004	77	1.590	1.594	0.004
3	1.584	1.594	0.010	28	1.587	1.597	0.010	53	1.587	1.597	0.010	78	1.587	1.593	0.006
4	1.590	1.596	0.010	29	1.590	1.595	0.005	54	1.587	1.591	0.004	79	1.591	1.597	0.006
5	1.580	1.586	0.006	30	1.582	1.588	0.006	55	1.590	1.595	0.005	80	1.580	1.590	0.010
6	1.588	1.592	0.004	31	1.590	1.594	0.004	56	1.587	1.591	0.004	81	1.584	1.594	0.010
7	1.592	1.596	0.004	32	1.587	1.591	0.004	57	1.588	1.592	0.004	82	1.590	1.596	0.006
8	1.590	1.596	0.006	33	1.587	1.593	0.006	58	1.586	1.592	0.006	83	1.584	1.590	0.006
9	1.591	1.598	0.007	34	1.590	1.594	0.004	59	1.580	1.590	0.010	84	1.583	1.588	0.005
10	1.594	1.598	0.004	35	1.586	1.591	0.005	60	1.590	1.596	0.006	85	1.582	1.588	0.006
11	1.587	1.597	0.010	36	1.588	1.594	0.006	61	1.590	1.595	0.005	86	1.590	1.596	0.006
12	1.590	1.598	0.008	37	1.588	1.594	0.006	62	1.587	1.591	0.004	87	1.588	1.594	0.006
13	1.594	1.598	0.004	38	1.586	1.591	0.005	63	1.592	1.598	0.006	88	1.588	1.593	0.005
14	1.598	1.599	0.001	39	1.588	1.592	0.006	64	1.590	1.594	0.004	89	1.590	1.596	0.006
15	1.586	1.591	0.005	40	1.580	1.586	0.006	65	1.588	1.592	0.004	90	1.590	1.596	0.006
16	1.587	1.591	0.004	41	1.588	1.594	0.006	66	1.580	1.586	0.006	91	1.582	1.588	0.006
17	1.597	1.599	0.002	42	1.588	1.593	0.005	67	1.590	1.598	0.008	92	1.582	1.588	0.006
18	1.590	1.598	0.008	43	1.580	1.586	0.006	68	1.588	1.592	0.004	93	1.591	1.596	0.005
19	1.592	1.596	0.004	44	1.586	1.593	0.007	69	1.591	1.597	0.006	94	1.580	1.586	0.006
20	1.592	1.598	0.006	45	1.580	1.586	0.006	70	1.590	1.596	0.006	95	1.590	1.596	0.006
21	1.590	1.594	0.004	46	1.593	1.597	0.004	71	1.580	1.586	0.006	96	1.502	1.588	0.006
22	1.580	1.590	0.010	47	1.580	1.587	0.007	72	1.584	1.589	0.005	97	1.587	1.591	0.004
23	1.592	1.598	0.006	48	1.590	1.596	0.006	73	1.586	1.591	0.005	98	1.584	1.594	0.010
24	1.584	1.589	0.005	49	1.580	1.587	0.007	74	1.587	1.597	0.010	99	1.592	1.596	0.004
25	1.580	1.586	0.006	50	1.584	1.590	0.006	75	1.580	1.590	0.010	100	1.587	1.591	0.004

Tabela 5 - Índices de refração da esmeralda de Santa Terezinha de Goiás comparados com valores referentes a outras localidades.

Localidade	Índice de refração		Birrefringência	Referências Bibliográficas
	ξ	ω		
Santa Terezinha de Goiás *	1,584	1,592	0,008	Este trabalho
Tauá, CE	1,579	1,587	0,008	Branco et al. (1984)
Carnaíba, BA	1,576	1,584	0,008	Cassedanne et al. (1976)
Itabira, MG	1,572	1,579	0,007	Souza (1988)
Colômbia	1,570	1,580	0,010	Sinkankas (1981)
Urais, U.R.S.S.	1,570	1,580	0,010	Webster (1983)
Transvaal	1,580	1,593	0,013	Sinkankas (1981)
Sandawana, Zimbabue	1,586	1,593	0,007	Webster (1933)

* Valores médios de 100 medidas.

7 - INCLUSÕES CRISTALINAS E FLUIDAS

Inclusões são todas as irregularidades detectáveis opticamente no interior de um mineral ou gema, consistindo - se de cristais, tubos e cavidades preenchidas por líquido e/ou gases, irregularidades estruturais, defeitos de fraturas, fendas de clivagem e geminação (Gübelin 1974). Além da importância genética, as inclusões são em geral distintivas e algumas vezes podem servir para identificar a procedência da gema. Do ponto de vista genético, as inclusões classificam-se em protogênica, sin-genética e epigenética, dependendo de serem anteriores, contemporâneas ou posteriores ao cristal hospedeiro (Gübelin 1959). Do ponto de vista estrutural elas podem ser subdivididas em cristalinas e fluidas. Outra divisão muito usada classifica as inclusões simplesmente em primárias e secundárias (Gübelin 1974). Enquanto em algumas esmeraldas há o predomínio de inclusões fluidas monofásicas ou polifásicas, indicando nesse caso que sua origem está relacionada a uma fase hidrotermal de baixa temperatura, como nas gemas colombianas (Roedder 1982), em outras há um predomínio de inclusões cristalinas, como nas esmeraldas de Sandawana. Nestas últimas existe também uma correspondência entre a paragenese externa e interna, já que as inclusões mais comuns são cabelos ou agulhas de tremolita, enquanto a rocha encaixante é representada por actinolita-tremolita xisto (Graziani *et al.* 1983).

Existe na literatura um grande número de informações sobre as inclusões encontradas nas esmeraldas das diversas localidades do mundo, incluindo as ocorrências clássicas da Colômbia, União Soviética, Zimbábue, Zâmbia, Brasil e outros locais. As Tabelas 6 e 7 contêm dados referentes às inclusões da esmeralda de Santa Terezinha de Goiás comparadas com esmeraldas de vários locais do Brasil e do mundo.

Na revisão de Sinkankas (1981) aparecem citados como inclusões cristalinas micas (biotita, moscovita, flogopita, margarita), carbonatos (dolomita, calcita), sulfetos (pirita, calcopirita), anfibólios (tremolita, actinolita), quartzo e feldspatos. É importante ressaltar nesse ponto, que essas in-

Tabela 6 - Inclusões minerais observadas nas esmeraldas de Santa Terezinha de Goiás, comparadas com as inclusões de outras ocorrências brasileiras.

Santa Terezinha	Itabira, MG (1)	Carnaíba, BA (2)	Socotó, BA (3)	Tauá, CE (4)	Salininhas, BA (5)	Fazenda das Lajes, GO (5)
Cromita Flogopita Barita Dolomita Magnesita Talco Pirita Quartzo Ferropargasita Antofilita- cummingtonita Epídoto Patronita Dumortierita Melanterita Berilo	Biotita.flogopita Quartzo Ralstonita Cromita	Biotita.flogopita Turmalina Molibdenita Lepidocrocita	Mica Tremolita Carbonato Hematita Goethita Berilo	Mica Actinolita- tremolita Hematita	Flogopita Talco Calcita	Rutilo Carbonato Pirita Limonita

(1) Souza & Svisero (1987), (2) Schwarz (1984), (3) Schwarz & Mendes (1985), (4) Branco et al. (1984), (5) Sauer (1982).

Obs.: Os dados referentes à jazida de Santa Terezinha de Goiás foram obtidos por meio de difração de raios X, espectros de raios X e microsonda eletrônica. Os demais locais, apenas por microscopia ótica.

Tabela 7 - Inclusões minerais observadas nas esmeraldas de Santa Terezinha de Goiás, compara
das com as inclusões de outras ocorrências mundiais.

Santa Terezi- nha de Goiás, GO	Colômbia (1)	Habachtal, Áus- tria (2)	Montes Urais, URSS (2)	Rio Swat, Pa- quistão (2)	Zâmbia (3)	Sandawana, Zimbabue (4)	Transvaal, Áfri- ca do Sul (1)
Cromita Flogopita Magnesita Dolomita Talco Barita Pirita Quartzo Ferropargasita Antofilita- cumingtonita Epídoto Patronita Dumortierita Melanterita Berilo	Parisita Calcita Pirita Barita	Biotita Tremolita Apatita	Turmalina Actinolita	Dolomita	Biotita- flogopita Rutilo Turmalina	Tremolita Granada	Molibdenita Biotita Calcita

(1) Schwarz (1984) , (2) Sinkankas (1981) , (3) Koivula (1982), (4) Gubelin (1959)

Obs.: Os dados referentes à jazida de Santa Terezinha de Goiás foram obtidos por meio de difração de raios X, espectros
de raios X dispersivos e microsonda eletrônica. Os demais locais apenas por microscopia ótica.

formações estão todas baseadas em observações ópticas, possibilitando, conseqüentemente, interpretações variadas sobre o verdadeiro significado dessas inclusões. Dados mais elucidativos começaram a aparecer a partir de 1983, com a utilização de métodos apoiados em difração de raios X e microsonda eletrônica.

A importância do estudo das inclusões reside basicamente no fato de estas fornecerem informações valiosas sobre o ambiente de formação dos minerais e/ou gemas, ou sobre a história geológica subsequente dessas substâncias. Este trabalho apresenta informações a respeito das inclusões da esmeralda da jazida de Santa Terezinha de Goiás, procurando enfatizar o seu significado geológico. Essas inclusões, que constituem um aspecto notável pela quantidade e variedade, foram identificadas pela combinação de microscopia óptica, difração por raios X, análises por raios X dispersivos e microsonda eletrônica. A lista de inclusões é longa e inclui as fases cromita, dolomita, magnesita, talco, flogopita, pirita, barita, quartzo, ferropargasita, antofilita-cummingtonita, epídoto, patronita, melanterita e óxidos amorfos. As fases mais comuns como espinélio, carbonatos, pirita, mica e talco foram identificadas mediante diagramas de pó obtidos em uma câmara de Gandolfi; as demais fases, menos freqüentes e ocorrendo intimamente associadas entre si, foram identificadas a partir de difratogramas obtidos das associações retiradas da esmeralda. Na Tabela 8, ordenaram-se os minerais obtidos pela integração das várias técnicas utilizadas na identificação mineralógica das inclusões da esmeralda de Santa Terezinha de Goiás.

Um dos aspectos marcantes das esmeraldas de Santa Terezinha de Goiás são as inclusões fluidas, fato pouco ou não observado pelos demais autores que estudaram essas esmeraldas anteriormente. Neste trabalho observamos que as inclusões fluidas são relativamente freqüentes, podendo-se afirmar que estão presentes em praticamente todas as pedras estudadas. Essas inclusões possuem uma, duas ou três fases distintas, mostrando uma grande riqueza de forma e uma certa variação nos conteúdos presentes nas cavidades. Esse fato explica, talvez, porque este tipo de inclusão não tenha sido mencionado anteriormente na literatura.

Tabela 8 - Inclusões cristalinas da esmeralda de Santa Terezinha de Goiás obtidas pela integração de várias técnicas de determinação mineralógica.

Símbolos: X = positivo , - = negativo.

	Microscopia Ótica	Difratometria de raios X	Câmara de Gandolfi	Raio X dispersivos	Microsonda eletrônica
Cromita	X	X	X	X	X
Carbonatos	X	X	X	X	X
Talco	X	X	X	X	X
Flogopita	X	X	X	X	X
Quartzo	X	-	-	-	-
Patronita	-	X	-	-	-
Berilo	X	-	-	-	X
Epídoto	-	X	-	-	-
Antofilita - cummingtonita	-	X	-	-	-
Dumortierita	-	X	-	-	-
Melanterita	-	X	-	-	-
Ferropargasita	-	X	-	-	-
Barita	-	-	-	X	-

7.1 - INCLUSÕES MINERAIS

Conforme revisão de Sauer (1982), as inclusões cristalinas presentes na esmeralda de Santa Terezinha são representadas por romboedros transparentes de calcita e cubos perfeitos de pirita, às vezes, limonitizados. Ribeiro & Sã (1983) assinalaram a presença de carbonato e de rutilo. Hanny & Kerez (1983) identificaram por meio de microsonda eletrônica a picotita (variedade de espinélio cromífero) e dolomita. Para Cassedanne (1984), as principais inclusões são pirita, cromita e um carbonato, cuja natureza não ficou estabelecida. Segundo este autor, a pirita ocorre na forma de cubo limonitizado, a cromita, em grãos maiores isolados, o carbonato, na forma de romboedros transparentes, e menos freqüentemente, na forma de palhetas de hematita, plaquetas de ilmenita e fibras de goethita. Cassedanne & Sauer (1984) assinalaram igualmente a presença de pirita, cromita, calcita, dolomita, hematita, ilmenita e goethita, além da presença de lamelas de talco. Lima Júnior *et al.* (1984) apontam a presença de rutilo, carbonato e cubos de pirita. Schwarz & Mendes (1985a) citam como inclusões mais freqüentes a picotita, além de carbonato, pirita, goethita, limonita, calcopirita, pentlandita, talco, mica (biotita) e raramente inclusões fluidas. Finalmente Miyata *et al.* (1987), utilizando microsonda eletrônica, identificaram biotita e magnesiocromita e/ou magnesioferrita. Como se observa pelos fatos expostos, já existe um número considerável de trabalhos na literatura, concordantes em sua maior parte, ressaltando, ao mesmo tempo, uma grande variedade de inclusões nessas esmeraldas.

Os estudos realizados neste trabalho revelaram que a esmeralda de Santa Terezinha de Goiás contém um número muito grande de inclusões sólidas. O material estudado foi selecionado por lupa binocular a partir de lotes examinados no próprio garimpo de Santa Terezinha. Os espécimes contendo inclusões favoráveis foram seccionados na forma de lâminas finas, sendo polidas posteriormente para facilitar as observações no interior da gema. As fases inclusas foram isoladas pela fragmentação de amostras escolhidas e identificadas individualmente por difração de raios X. Utilizaram-se, simultaneamente, difratogramas e diagrama de

pô obtidos em câmara de Gandolfi, além de análises por raios X dispersivos efetuadas por microsonda eletrônica. A integração desses métodos indicou que as principais fases inclusas na esmeralda de Santa Terezinha de Goiás são, por ordem de abundância, cromita, carbonato (dolomita e magnesita), talco, pirita, flogopita, quartzo, berilo e uma série de minerais menos freqüentes, incluindo patronita, barita, ferropargasita, antofilita-cumingtonita, epídoto, dumortierita. Ocorrem também substâncias amorfas escuras na forma de películas, cavidades e/ou filmes escuros, em geral preenchendo fraturas. Apresentamos, a seguir, uma descrição sucinta de cada uma das inclusões observadas nas esmeraldas de Santa Terezinha de Goiás.

7.1.1 - CROMITA - é a inclusão mais característica da esmeralda de Santa Terezinha de Goiás, sendo também a mais freqüente, pois foi encontrada em todos exemplares estudados. Foi identificada pela primeira vez por Hanni & Kerez (1983), através de análises de microsonda eletrônica, e classificada como picotita $(Al, Cr, Fe^{3+})_2 (Fe^{2+}, Mg)O_4$. Pouco depois, Cassedanne (1984) referiu-se à presença de cromita, sem contudo apresentar dados de composição. Mais recentemente, Miyata *et al.* (1987) divulgaram novos dados obtidos por meio de microsonda eletrônica, onde concluem que o espinélio presente na esmeralda de Santa Terezinha é uma variedade intermediária entre magnesiocromita ($MgCr_2O_4$) e magnesioferrita ($MgFe_2^{3+}O_4$).

Neste trabalho, a cromita foi identificada inicialmente por meio de diagramas de pô obtidos em câmara de Gandolfi. A Tabela 9 apresenta as distâncias interplanares mais intensas comparadas com o respectivo diagrama de pô da cromita do sistema JCPDS, de nº 3.0873. Esse dado foi confirmado por meio de análises químicas efetuadas com raios X de energia dispersiva em microsonda eletrônica. As figuras 18 e 19 mostram os espectros obtidos, onde aparecem predominando as raia do Fe e do Cr. Mostram também a existência de dois tipos de cromita: um contendo teores baixos de Al (tipo 1) e outro com teores expressivos de Al (tipo 2). Observações microscópicas conjugadas revelaram que as cromitas do tipo 1 possuem dimensões menores que as cromitas do tipo 2.

Confirmando as observações anteriores, 54 análises

Tabela 9 - Principais reflexões do diagrama de pó de uma cromita incluída na esmeralda de Santa Terezinha de Goiás, comparadas com diagrama do sistema JCPDS.

Inclusão de cromita (STG-119)		Cromita do sistema JCPDS, ficha 3.0873	
d (Å)	I/I ₀	d (Å)	I/I ₀
4.80	30	4.82	50
2.95	40	2.95	60
2.51	100	2.52	100
-	-	2.40	10
2.06	50	2.07	70
1.70	30	1.69	40
1.61	70	1.60	90
1.46	80	1.46	90
1.42	10	1.40	10
1.31	20	1.31	20
1.26	30	1.26	50
1.20	20	1.20	30
1.16	15	1.16	20
1.11	10	1.11	30
1.10	40	1.10	60

FIG. 18 - Espectro de raios X dispersivos da cromita tipo 1 (pobre em Al) inclusa na esmeralda de Santa Terezinha de Goiás obtido na microsonda eletrônica.

FIG. 19 - Espectro de raios X dispersivos da cromita tipo 2 (rica em Al) inclusa na esmeralda de Santa Terezinha de Goiás, obtido na microsonda eletrônica.

ses químicas obtidas por meio da microsonda eletrônica revelaram que existe de fato dois grupos de cromita inclusos na esmeralda, aqui denominados de tipo 1 e 2. As tabelas 10 e 11 mostram que os elementos principais crômio e ferro apresentam variações significativas. Assim sendo, nas cromitas do tipo 1 os teores de Cr_2O_3 variam de 45 a 53%; FeO por sua vez apresenta variação no intervalo de 40 a 48%. No tipo 2 esses óxidos apresentam a seguinte variação: Cr_2O_3 variando entre 51 a 55% e FeO, entre 32 e 39,5%. Subordinadamente essas cromitas possuem alumínio, que também apresenta variação significativa nos dois tipos: no grupo 1, Al_2O_3 varia de 1,5 a 5,5% e no grupo 2, de 7 a 13%. Ocorrem, ainda, impurezas de titânio, magnésio, manganês, zinco e níquel, todos com valores menores que 1%. Resumindo, os dados obtidos indicam que tais inclusões são cromitas aluminosas, cujas variações de composição refletem flutuações químicas durante os processos de formação da esmeralda. Esses resultados mostram que essas cromitas são praticamente isentas de Mg, contrariando as conclusões de Hanny & Kerez (1983) e Miyata *et al.* (1987).

Como já foi dito, a cromita é extremamente comum em Santa Terezinha, podendo ser observada mesmo à vista desarmada. Nesse caso, constituem manchas escuras na esmeralda (Fotomicrografia 15), as quais, observadas ao microscópio com aumentos progressivos, revelam tratar-se de um aglomerado de cristais idiomorfos dispersos na esmeralda (Fotomicrografias 16, 17 e 18). A cor em geral é escura, mas, com aumentos acima de 100 vezes, muitos cristais exibem coloração castanho-avermelhada intensa. Outra característica notada ao microscópio é a forma octaédrica dos cristais, sempre bem desenvolvidos, com secções variadas dependendo da posição de observação. A cromita ocorre intimamente associada às demais inclusões, especialmente às opacas, dificultando os trabalhos de identificação.

7.1.2 - CARBONATOS - as observações efetuadas no decorrer desse trabalho indicam que os carbonatos são também muito frequentes nas esmeraldas de Santa Terezinha de Goiás. Em certos casos, notamos que a quantidade de carbonato chega a suplantiar o próprio berilo, fato que já havia sido referido anteriormente por

Tabela 10 - Análises químicas de inclusões de cromita do tipo 1 obtidas na microsonda eletrônica.

Óxidos	STG-221	STG-228	STG-232	STG-237	STG-242	STG-248	STG-249	STG-253	STG-257	STG-259	STG-262	STG-263	STG-264	STG-268
TiO ₂	0.000	0.015	0.030	0.000	0.062	0.075	0.000	0.030	0.037	0.121	0.022	0.180	0.007	0.022
Al ₂ O ₃	2.352	2.249	2.525	1.152	3.055	3.411	5.441	3.225	4.037	2.033	4.632	2.794	3.558	3.869
Cr ₂ O ₃	45.818	45.032	48.149	46.353	49.564	50.516	52.765	47.586	49.212	49.619	50.678	46.959	50.253	50.750
FeO	46.555	47.837	45.347	47.538	44.405	43.776	40.264	45.379	43.168	45.603	42.515	45.643	43.472	42.146
MgO	0.391	0.158	0.361	0.304	0.160	0.312	0.420	0.353	0.313	0.208	0.349	0.294	0.374	0.321
MnO	0.482	0.272	0.593	0.478	0.410	0.377	0.442	0.410	0.475	0.290	0.334	0.433	0.491	0.330
ZnO	0.000	0.033	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.087	0.025	0.116	0.422	0.320	0.262	0.436
NiO	0.000	0.000	0.000	0.082	0.000	0.000	0.000	0.142	0.000	0.043	0.063	0.128	0.000	0.148
Total	95.598	95.775	97.006	96.507	97.654	98.467	99.691	97.212	97.268	96.033	99.015	96.750	98.417	98.022

Tabela 11 - Análises químicas de inclusão de cromita do tipo 2 obtidas na microsonda eletrônica.

Óxidos	STG-215	STG-219	STG-229	STG-233	STG-234	STG-238	STG-250	STG-255	STG-260	STG-261	STG-267
TiO ₂	0.083	0.083	0.000	0.091	0.000	0.000	0.053	0.008	0.015	0.000	0.090
Al ₂ O ₃	11.070	11.915	12.201	11.278	11.935	12.499	7.867	10.501	12.630	12.100	7.113
Cr ₂ O ₃	53.097	53.426	54.824	53.240	53.770	54.240	51.297	52.761	53.876	53.234	52.318
FeO	34.465	33.691	32.490	33.027	32.948	32.280	37.655	34.779	32.640	33.085	39.131
MgO	0.490	0.580	0.604	0.631	0.538	0.502	0.523	0.739	0.828	0.781	0.539
MnO	0.329	0.453	0.344	0.379	0.395	0.341	0.343	0.282	0.333	0.433	0.389
ZnO	0.000	0.059	0.015	0.040	0.154	0.000	0.489	0.802	0.785	0.759	0.394
NiO	0.000	0.010	0.096	0.000	0.000	0.000	0.076	0.043	0.000	0.036	0.119
Total	99.537	100.216	100.575	98.686	99.739	99.862	98.503	99.913	101.106	100.428	100.092

FOTOMICROGRAFIA 15 - Grãos de cromita sem nenhuma orientação no cristal hospedeiro, constituindo manchas escuras na esmeralda. Nicóis cruzados.

FOTOMICROGRAFIA 16 - Cromita idiomórficas, onde sob aumentos maiores observa-se sua coloração avermelhada característica. Nicóis cruzados.

FOTOMICROGRAFIA 17 - Grãos de cromita de coloração avermelhada. Observam-se duas gerações de cromita, uma de granulometria maior (tipo 1) e outra menor (tipo 2). Esses dois tipos possuem composições químicas distintas. Nicóis cruzados.

FOTOMICROGRAFIA 18 - Cristais de cromita idiomórficos transparentes, apresentando coloração avermelhada. Aparentemente desfocados por estarem em níveis diferentes. Nicóis cruzados.

diversos autores. Sauer (1982) assinalou a presença de calcita. Ribeiro & Sá (1983), Cassedanne (1984) e Lima Júnior *et al.* (1984) mencionaram simplesmente a existência de um carbonato que Hanni & Kerez (1983), baseados em dados de microsonda eletrônica, afirmaram tratar-se de dolomita.

No decorrer deste trabalho, verificamos que a esmeralda de Santa Terezinha contém dois carbonatos distintos: dolomita e magnesita. Como no caso anterior, essas inclusões foram também identificadas por meio de difração de raios X. As Tabelas 12 e 13 apresentam as reflexões mais intensas obtidas nos diagramas de pó, que aparecem comparadas com os respectivos padrões do fichário JCPDS.

Observações microscópicas sugerem a existência de três gerações de carbonatos. Uma protogenética, representada por um aglomerado indistinto de carbonato, ilustrada na Fotomicrografia 19. A segunda geração é representada por romboedros perfeitos (Fotomicrografia 20 e 21) de natureza singenética. Finalmente, a Fotomicrografia 22 mostra uma fratura preenchida por quartzo, aparecendo na região central da foto um romboedro de carbonato epigenético. Com relação à cor, variam de incolor a tonalidades castanho-claras. Além dos métodos citados, os carbonatos foram identificados através de raios X de energia dispersiva e microsonda eletrônica. A Figura 20 mostra os espectros obtidos, onde aparecem as raiais do Ca e do Mg, além das raiais pouco intensas de Fe e Mn na forma de impurezas. Análises na microsonda eletrônica revelaram que a dolomita primária exibe zoneamento químico definido em relação ao ferro (Tabela 14). Assim sendo, foi verificado que o núcleo da inclusão possui um máximo de 1,6% de FeO, enquanto que na borda esse valor chega a alcançar até 8,5% em peso.

7.1.3 - TALCO - é outro mineral comum na esmeralda de Santa Terezinha, porém menos freqüente que a cromita e os carbonatos. De um modo geral ocorre sob a forma de lamelas finas e transparentes, o que dificulta as observações ao microscópio. O uso de nícois cruzados bem como o de luz refletida facilitam a visualização dessas inclusões (Fotomicrografia 23, 24 e 25). Esses cristais mostram contornos nitidamente arredondados ou ligeiramente alonga-

Tabela 12 - Principais reflexões do diagrama de pó obtidas de uma dolomita incluída na esmeralda de Santa Terezi-
nha de Goiás, comparadas com o diagrama do sistema JCPDS.

Inclusão de dolomita (STG-117)		Dolomita do sistema JCPDS, ficha 11-78	
d (Å)	I/I ₀	d (Å)	I/I ₀
4.03	10	4.03	<5
3.69	2	3.69	5
2.88	100	2.88	100
2.66	10	2.67	10
2.54	20	2.54	10
-	-	2.40	10
2.17	20	2.19	30
-	-	2.06	5
3.01	14	2.01	15
1.87	2	1.84	5
1.80	20	1.80	20
1.76	20	1.76	30
1.58	20	1.57	10
-	-	1.54	10
-	-	1.46	5
1.45	5	1.45	5
1.43	10	1.43	10
-	-	1.41	5
1.38	10	1.38	15
-	-	1.33	10
1.30	5	1.30	<5

Tabela 13 - Principais reflexões do diagrama de pó de uma magnesita incluída na esmeralda de Santa Terezinha de Goiás, comparadas com as do diagrama do sistema JCPDS.

Inclusão de magnesita (STG-108)		Magnesita do sistema JCPDS, ficha 8.479	
d (Å)	I/I ₀	d (Å)	I/I ₀
2.76	100	2.74	100
2.51	20	2.50	18
2.32	10	2.32	4
2.10	30	2.10	45
1.95	10	1.94	12
1.76	10	1.77	4
1.71	30	1.70	35
1.51	10	1.51	4
1.49	10	1.49	6
1.42	6	1.42	4
1.37	7	1.37	4
1.36	10	1.35	8
1.34	7	1.34	8
1.25	6	1.25	4

FOTOMICROGRAFIA 19 - Aglomerado protogenético indistinto de carbonato. Neste exemplar, nota-se que a quantidade de carbonato é superior a do próprio berilo. Nicóis cruzados.

FOTOMICROGRAFIA 20 - Inclusões de carbonatos de natureza singenética de hábito romboédrico. Nicóis cruzados.

FOTOMICROGRAFIA 21 - Detalhe de um romboedro de carbonato singenético, paralelo ao pinacóide basal da esmeralda. Nicóis cruzados.

FOTOMICROGRAFIA 22 - Fraturamento da esmeralda preenchido por quartzo, onde na região central da foto aparece um romboedro de carbonato epigenético. Nicóis cruzados.

FIG. 20 - Espectro de raios X dispersivos de carbonatos incluídos na esmeralda de Santa Terezinha de Goiás, obtido na microsonda eletrônica.

Tabela 14 - Análises de carbonatos singenéticos inclusos na esmeralda de Santa Terezinha de Goiás, obtidas por meio de microsonda eletrônica. Ambas apresentam borda de reação com enriquecimento de FeO e MnO.

Óxidos	STG-269		STG-270	
	núcleo	borda	núcleo	borda
TiO ₂	0.081	0.052	0.000	0.017
Al ₂ O ₃	0.003	0.000	0.006	0.026
Cr ₂ O ₃	0.000	0.009	0.005	0.000
FeO	1.614	7.542	1.568	8.314
MgO	18.916	17.370	15.889	15.064
MnO	0.000	0.703	0.038	0.812
ZnO	0.201	0.200	0.377	0.238
NiO	0.000	0.000	0.000	0.000
Total	20.815	25.877	17.882	24.473

FOTOMICROGRAFIA 23 - Talco sob a forma de lamelas finas, formando concentrações densas quando observado em lâminas delgadas sob nicóis cruzados.

FOTOMICROGRAFIA 24 - Escamas de talco na região central da foto, observadas sob luz refletida.

FOTOMICROGRAFIA 25 - Cristal de talco de porte avan-
tajado visto sob luz refletida. Destacam-se o contor-
no irregular e a existência de outras inclusões em
níveis inferiores.

FOTOMICROGRAFIA 26 - Placas de mica de forma irregu-
lar e sem nenhuma orientação no cristal hospedeiro.
São reconhecidas devido a um ligeiro pleocroísmo de
incolor a amarelado. Nicóis cruzados.

dos, sem nenhuma orientação preferencial em relação ao hospedeiro, podendo ser classificados temporalmente como protogenéticos.

Anteriormente Cassedanne & Sauer (1984) e Schwarz & Mendes (1985a), fizeram referências ao talco, com base apenas em observações microscópicas. Nesse trabalho, o talco foi identificado por diagramas de pó, resumidos na Tabela 15 juntamente com o padrão do fichário JCPDS. Como se pode observar pela Tabela 15, nem todas as reflexões do padrão JCPDS possuem correspondente no talco incluso na esmeralda de Santa Terezinha. Essa ausência pode ser explicada pelas condições experimentais utilizadas neste trabalho, cujos diagramas foram obtidos a partir de um cristal único.

Com o objetivo de investigar o quimismo do talco, foram realizadas análises por raios X de energia dispersivos (Figura 21) e microsonda eletrônica sobre dez pontos distintos de manchas opticamente homogênea de talco incluso em esmeraldas de Santa Terezinha de Goiás. A Tabela 16 apresenta os resultados das análises executadas na microsonda, indicando composições constantes, destacando-se a presença de até 3,5% de FeO , além de valores menores de Al_2O_3 (<1%), Cr_2O_3 (<0,5%) e TiO_2 (<0,2%). Entre os voláteis, destaca-se o F com teores de 1,7% em peso.

7.1.4 - FLOGOPITA - a julgar pelos dados da literatura, a mica é uma das inclusões mais comuns em esmeraldas (Sinkankas 1981). Em Santa Terezinha esse mineral não é tão comum como em outros locais, tais como Itabira (Souza & Svisero 1987), Socotó (Schwarz & Mendes 1985b), Zâmbia (Graziani *et al.* 1983), entre outros.

Essa mica foi identificada por Schwarz & Mendes (1985a) por meio de microscopia óptica, sendo depois analisada por Miyata *et al.* (1987). Neste trabalho, ela foi identificada por difração de raios X e depois analisada por raios X de energia dispersivos e microsonda eletrônica. A Tabela 17 apresenta as reflexões principais comparadas com o respectivo diagrama padrão JCPDS. Como se pode notar na Figura 22, o espectro obtido por meio do sistema dispersivo de energia na microsonda eletrônica mostra as raia dos elementos formadores dessa inclusão, além de uma raia pouco intensa de crômio. Duas análises na microsonda

Tabela 15 - Principais reflexões do diagrama de pó de um talco incluso na esmeralda de Santa Terezinha de Goiás, comparadas com as do diagrama do sistema JCPDS.

Inclusão de talco (STG-116)		Talco do sistema JCPDS, ficha 13-558	
d (Å)	I/I ₀	d (Å)	I/I ₀
9.30	100	9.34	100
4.66	60	4.66	90
4.54	20	4.55	30
3.49	5	3.51	4
3.12	100	3.12	100
2.63	10	2.63	12
2.60	20	2.59	65
2.50	40	2.48	65
-	-	2.34	16
-	-	2.21	20
2.20	10	2.20	10
2.10	20	2.10	20
1.86	20	1.87	40
-	-	1.68	20
-	-	1.66	20
1.54	20	1.53	40
-	-	1.41	16
1.39	20	1.39	20
-	-	1.33	16
1.31	10	1.32	10
1.26	10	1.27	10

FIG. 21 - Espectro de raios X dispersivos do talco incluído na esmeralda de Santa Terezinha de Goiás, obtido na microsonda eletrônica.

Tabela 16 - Análises de inclusão de talco na esmeralda de Santa Terezinha de Goiás, obtidas por meio de microsonda eletrônica.

Óxidos	STG-271	STG-272	STG-273	STG-274	STG-275	STG-276	STG-277	STG-278	STG-279	STG-280
SiO ₂	59.387	58.499	54.139	59.329	57.271	51.883	63.425	58.759	53.874	62.685
TiO ₂	0.027	0.000	0.000	0.000	0.054	0.000	0.000	0.000	0.000	0.188
Al ₂ O ₃	0.243	0.290	0.483	0.368	0.423	0.224	0.901	0.506	0.735	0.256
Cr ₂ O ₃	0.095	0.076	0.246	0.000	0.473	0.122	0.156	0.433	0.254	0.057
FeO	2.680	2.904	2.972	2.750	2.763	3.863	3.094	4.296	3.542	3.161
MgO	28.849	28.330	27.917	28.568	30.618	25.153	22.378	26.146	28.866	27.792
CaO	0.000	0.045	0.162	0.036	0.033	0.052	0.042	0.039	0.054	0.012
MnO	0.000	0.000	0.040	0.000	0.056	0.000	0.000	0.052	0.012	0.036
K ₂ O	0.000	0.000	0.095	0.000	0.026	0.000	0.000	0.023	0.022	0.011
Na ₂ O	0.017	0.085	0.091	0.101	0.103	0.072	0.158	0.169	0.161	0.098
F	0.906	1.594	0.303	1.054	1.446	0.649	1.341	0.804	1.480	1.653
= 0	0.382	0.671	0.128	0.444	0.609	0.273	0.565	0.338	0.623	0.696
Total	91.923	91.151	86.348	91.772	92.674	81.769	90.986	90.938	88.409	95.263

Tabela 17 - Principais reflexões do diagrama de pó de uma flogopita incluída na esmeralda de Santa Terezinha de Goiás comparadas com o diagrama do sistema JCPDS.

Inclusão de flogopita (STG-123)		Flogopita do sistema JCPDS, ficha 16-352	
d (Å)	I/I ₀	d (Å)	I/I ₀
10.1	90	9.96	70
5.09	5	5.00	6
4.60	20	4.58	6
3.66	10	3.65	4
3.36	100	3.32	100
3.17	20	3.13	4
2.69	10	2.70	10
2.64	40	2.64	10
2.62	20	2.62	20
2.52	30	2.50	10
2.43	40	2.43	18
2.17	30	2.17	16
2.01	70	2.00	30
1.91	20	1.90	4
1.65	30	1.67	20
1.53	30	1.53	14
1.48	20	1.47	4
1.44	20	1.43	4
1.36	20	1.36	12

FIG. 22 - Espectro de raios X dispersivos da flogopita inclusa na esmeralda de Santa Terézinha de Goiás, obtido na microsonda eletrônica.

eletrônica (Tabela 18) indicaram que a mica de Santa Terezinha é de fato uma flogopita, contendo por volta de 24,0% de MgO e 10,0% de K₂O, além de 0,80% de Cr₂O₃.

Ao microscópio, a flogopita ocorre sob a forma de placas finas de coloração acastanhada, de dimensões pequenas (Fotomicrografia 26), estando intimamente associada às demais inclusões opacas. Em casos favoráveis, é possível observar-se a existência de pleocroísmo variando de incolor a amarelo. As características morfológicas observadas ao microscópio indicam que a flogopita é um das fases protogenéticas em Santa Terezi - nha.

7.1.5 - PIRITA - a pirita foi inicialmente descrita por Sauer (1982), Cassedanne (1984), Cassedanne & Sauer (1984), Lima Júnior *et al.* (1984) e Schwarz & Mendes (1985a). É uma inclusão conspícua no material de Santa Terezinha, ocorrendo sob a forma de cubos perfeitos de coloração amarelo-intensa e brilho metálico (Fotomicrografia 27). As dimensões variam desde microns até valores de alguns mm, podendo nesse segundo caso ser observada a olho nu.

Apesar de os aspectos característicos permitirem a identificação pelo simples exame visual, a pirita de Santa Terezinha foi identificada por difração de raios X, tal como mostram os dados contidos na Tabela 19. Por outro lado, dada a possibilidade de ocorrerem outros sulfetos além da pirita, analisamos por raios X de energia dispersivos (Figura 23) e microsonda eletrônica um total de vinte e seis inclusões de materiais de brilho metálico retirados do interior da esmeralda. Como mostra a Tabela 20, todas as análises de microsonda confirmaram tratar-se de pirita, mostrando, portanto, que esse é o principal sulfeto nessas esmeraldas. Calcopirita e pentlandita mencionadas por Schwarz & Mendes (1985a) não foram confirmadas no decorrer desse trabalho.

7.1.6 - PATRONITA - a patronita é um sulfeto de vanádio de fórmula VS₄, aqui identificado pela primeira vez em esmeraldas naturais. Ao que tudo indica, trata-se de uma inclusão rara, pois foi detectada apenas uma vez entre as dezenas de amostras analisadas no decorrer desse trabalho. A patronita é um dos principais

Tabela 18 - Análises de inclusões de flogopita na esmeralda de Santa Terezinha de Goiás, obtidas por meio de microsonda eletrônica.

Óxidos	STG-281	STG-282
SiO ₂	43.997	40.822
TiO ₂	0.000	0.080
Al ₂ O ₃	10.436	11.729
Cr ₂ O ₃	0.733	0.892
FeO	4.419	4.485
MgO	24.303	24.425
CaO	0.192	0.150
MnO	0.000	0.052
K ₂ O	9.145	10.294
Na ₂ O	0.177	0.116
F	2.863	2.816
=O	1.205	1.185
Total	95.055	94.675

FOTOMICROGRAFIA 27 - Cristal de pirita observado sob luz refletida. Notam-se inúmeros pontos escuros produzidos por alteração ao longo de fraturas.

Tabela 19 - Principais reflexões do diagrama de pó de uma pirita inclusa na esmeralda de Santa Terezinha de Goiás, comparadas com as do diagrama do sistema JCPDS.

Inclusão de pirita (STG-103)		Pirita do sistema JCPDS, ficha 6-0710	
d (Å)	I/I ₀	d (Å)	I/I ₀
3.13	50	3.13	35
2.71	100	2.42	85
2.42	70	2.42	65
2.21	30	2.21	50
1.92	20	1.92	40
1.63	90	1.63	100
1.56	13	1.56	14
1.50	20	1.50	20
1.45	20	1.45	25
-	-	1.24	12
1.20	20	1.21	14
-	-	1.18	8
1.14	10	1.15	6
1.11	10	1.10	6

FIG. 23 - Espectro de raios X dispersivos da pirita inclusa na esmeralda de Santa Terezi-
nha de Goiás, obtido na microsonda eletrônica.

Tabela 20 - Análises de pirita incluída na esmeralda de Santa Terezinha de Goiás, obtidas por meio de microsonda eletrônica.

	STG-283	STG-286	STG-290	STG-291	STG-292	STG-294	STG-295	STG-296	STG-298	STG-301	STG-302	STG-303	STG-304	STG-305	STG-307
Fe	45.571	45.538	45.630	45.597	45.727	45.751	45.529	45.875	46.055	46.048	45.997	45.926	46.000	46.001	45.306
S	53.151	52.894	53.218	53.203	52.942	52.889	53.024	53.192	53.097	53.207	53.478	53.182	52.872	52.489	52.754
Ni	0.113	0.145	0.163	0.125	0.235	0.203	0.130	0.135	0.083	0.214	0.070	0.115	0.036	0.099	0.198
Ag	0.014	0.017	0.000	0.000	0.008	0.000	0.002	0.016	0.000	0.027	0.030	0.022	0.000	0.000	0.015
As	0.051	0.085	0.054	0.150	0.057	0.068	0.097	0.051	0.059	0.048	0.084	0.012	0.017	0.051	0.036
Sb	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Cu	0.000	0.001	0.000	0.010	0.000	0.000	0.000	0.001	0.021	0.002	0.013	0.006	0.001	0.000	0.021
Zn	0.002	0.000	0.000	0.015	0.000	0.000	0.014	0.000	0.007	0.000	0.009	0.000	0.007	0.000	0.020
Total	98.901	98.681	99.064	99.100	98.969	98.928	98.795	99.270	99.321	99.566	99.683	99.266	98.933	98.640	98.383

minérios de vanádio, podendo conter até 28% desse elemento (Evans & Landergren 1978).

Essa inclusão foi encontrada acidentalmente, difratando-se um grão de material escuro que se imaginava originalmente ser cromita. Infelizmente outras tentativas para se encontrar novamente esse material não produziram resultados positivos, comprovando a raridade desse material nas esmeraldas de Santa Terezinha de Goiás. A Tabela 21 apresenta os diagramas de pó da inclusão e o correspondente do fichário JCPDS, cujas semelhanças não deixam dúvida sobre a natureza desse material. É interessante ressaltar que a presença desse material está perfeitamente coerente com as características químicas do ambiente de cristalização da esmeralda, já que o vanádio é um dos principais cromóforos dessa gema.

7.1.7 - QUARTZO - observações microscópicas foram suficientes para identificar a presença de quartzo nas esmeraldas estudadas. Entretanto, é bom esclarecer que esse mineral só foi detectado em lâminas delgadas, onde foi possível confirmar as suas principais características ópticas, tais como caráter axial positivo, relevo baixo, entre outras. As Fotomicrografias 28 e 29 ilustram duas situações distintas dessa inclusão. Na primeira, o quartzo aparece sob a forma de restos exsolvidos dentro do berilo, sugerindo pelo menos uma origem singenética. Aparentemente, guarda certas relações de orientação (epitaxia?) com a esmeralda, mas faltam estudos mais detalhados para esclarecer essa questão. Na segunda temos, na Fotomicrografia 29, uma massa xenomorfa de quartzo preenchendo uma fratura da esmeralda. Nesse caso, a origem é nitidamente secundária, tratando-se, portanto, de uma inclusão epigenética.

7.1.8 - BARITA - a presença da barita na esmeralda de Santa Terezinha de Goiás constitui o segundo registro conhecido desse mineral na literatura até o presente momento. Anteriormente, ela só havia sido identificada em esmeraldas colombianas dos depósitos de Muzo-Cosquez (Nassau & Jackson 1970).

Nesse trabalho, a barita foi identificada a partir de análise por raios X de energia dispersivos. Como se pode observar pela Figura 24, o espectro correspondente mostra de forma nítida as raias de Ba e do S, além de uma raia pequena do

Tabela 21 - Principais reflexões do diagrama de pó de uma patronita inclusa na esmeralda de Santa Terezinha de Goiás comparadas com as do diagrama do sistema JCPDS.

Inclusão de patronita (STG-100)		Patronita do sistema JCPDS , ficha 14.179	
d (Å)	I/I ₀	d (Å)	I/I ₀
5.44	30	5.47	100
5.15	100	5.15	100
4.40	30	4.37	30
3.90	70	3.92	50
3.82	60	3.82	40
3.66	20	3.67	20
3.35	20	3.35	20
3.12	10	3.13	30
3.04	20	3.02	50
2.90	18	2.90	20
2.81	20	2.83	30
2.71	8	2.72	20
2.64	20	2.65	20
-	-	2.53	30
2.44	7	2.46	20
2.33	10	2.37	20
2.29	11	2.30	10
1.99	8	1.98	40
1.86	20	1.86	20

FOTOMICROGRAFIA 28 - Cristal de quartzo sob a forma de restos exsolvidos dentro do berilo, de natureza proto ou singenética. Nicóis cruzados.

FOTOMICROGRAFIA 29 - Massa xenomorfa de quartzo epigenético, preenchendo fratura de esmeralda. Nicóis cruzados.

FIG. 24 - Espectro de raios X dispersivos da barita inclusa na esmeralda de Santa Teresinha de Goiás, obtido na microsonda eletrônica.

Sr. A presença de barita tem importância genética. Ela poderia indicar, por exemplo, uma evidência de hidrotermalismo (Fischer & Puchelt, 1978), tal como acontece na Colômbia.

7.1.9 - BERILO - inclusões de berilo em esmeralda são relativamente comuns. Entretanto se as duas fases não tiverem orientações diferentes, a identificação torna-se difícil, devido à similaridade nas propriedades ópticas. Uma alternativa é examinar a esmeralda por meio de secções delgadas, tal como está ilustrado na Fotomicrografia 30. Aí aparecem de forma nítida as secções hexagonal e prismática de dois berilos inclusos em uma esmeralda envolvida por talco xistos à direita da foto. Observa-se também um sistema de microfraturas paralelas cortando indistintamente a esmeralda e suas inclusões segundo a direção NW-SE.

7.1.10 - FERROPARGASITA - esta é outra inclusão rara encontrada pela primeira vez em esmeraldas naturais. Pertence ao grupo dos anfibólios, sendo um dos constituintes de xistos e gnaisses (Deer *et al.* 1972). Essa inclusão, da mesma forma que a patronita, foi encontrada acidentalmente difratando-se materiais escuros retirados do interior da esmeralda. A Tabela 22 apresenta as reflexões principais da ferropargasita ao lado do respectivo diagrama padrão JCPDS. Dos vários diagramas de pó obtidos nesse trabalho, considerou-se o da inclusão STG-131 como o mais representativo, tendo em vista um maior número de reflexões. Como se pode observar pela Tabela 22, todas as reflexões da inclusão possuem correspondentes no fichário JCPDS. Apenas as reflexões $4,54 \text{ \AA}^{\circ}(10)$ e $2,36 \text{ \AA}^{\circ}(2,5)$ não aparecem no diagrama da inclusão. Como já foi mencionado, essa ausência pode ser explicada pelas condições utilizadas neste trabalho, cujos diagramas foram obtidos a partir de um cristal único. Há também uma pequena diferença entre outras reflexões, diferenças que podem ser relacionadas também a erros experimentais.

7.1.11 - OUTRAS INCLUSÕES - além das inclusões descritas determinadas individualmente, foram identificados ainda, a melanterita, o epídoto, a antofilita-cummingtonita e a dumortierita. Todos esses minerais foram detectados apenas a partir de difratogramas de misturas, devido à impossibilidade de se isolarem os

0,3 mm

FOTOMICROGRAFIA 30 - Dois cristais de berilo de forma hexagonal e prismática, incluídos em uma esmeralda envolvidos por talco xisto à direita da fotomicrografia. Nicóis cruzados.

Tabela 22 - Principais reflexões do diagrama de pó de uma ferropargasita inclusa na esmeralda de Santa Terezinha de Goiás, comparadas com as do diagrama do sistema JCPDS.

Inclusão de ferropargasita (STG-131)		Ferropargasita do sistema JCPDS ficha 19.467	
d (Å)	I/I ₀	d (Å)	I/I ₀
8.48	100	8.50	100
4.78	20	4.80	10
-	-	4.54	10
3.40	30	3.40	25
3.28	30	3.30	20
3.15	90	3.15	80
2.95	10	2.95	20
2.76	11	2.76	10
2.70	30	2.72	60
2.62	20	2.62	40
2.57	10	2.57	35
2.41	20	2.40	16
-	-	2.36	25
2.30	10	2.30	16

constituintes presentes nos materiais escuros dispersos no seio da esmeralda. O estudo dessas misturas permitiu reconhecer as seguintes paragêneses: talco + flogopita + dumortierita + melanterita; talco + patronita + melanterita; cromita + epídoto; cromita + ferropargasita + flogopita; flogopita + epídoto + dolomita; talco + antofilita-cummingtonita; cromita + dolomita + antofilita-cummingtonita; cromita + flogopita e magnesita + flogopita. Todas essas associações são concordantes com paragêneses observadas em rochas metaultramáficas de baixo a médio grau de metamorfismo, tal como ocorre nas rochas encaixantes da esmeralda de Santa Terezinha de Goiás.

Além das inclusões cristalinas descritas anteriormente, também foram observadas nas esmeraldas de Santa Terezinha estrias de crescimento, zonas centrais e substâncias amorfas associadas a fraturamentos na gema. As estrias de crescimento são relativamente freqüentes, embora fracamente desenvolvidas. As zonas centrais compõem-se preferencialmente de cromita e carbonatos, sendo relativamente raras, contrariamente ao que se observa em Socotô. As substâncias amorfas constituem-se de material epigenético, principalmente hidróxidos de ferro, ocorrendo ao longo de fraturas, cicatrizando-as.

7.2 - INCLUSÕES FLUIDAS - inclusões fluidas são porções de fluidos inclusos nos minerais. A importância do estudo destas inclusões é que elas permitem, via de regra, determinar as condições físico-químicas reinantes durante a cristalização do mineral, ou recristalização por eventos metamórficos posteriores (Fusikawa 1985). A denominação de inclusões fluidas abrange não somente as inclusões com fases líquidas e gasosas, mas também aquelas que apresentam, associadas às fases fluidas, uma ou mais fases sólidas (Roeder 1972). Desta forma, em relação ao número de fases presentes, as inclusões fluidas são denominadas de monofásicas, quando a temperatura ambiente apresenta somente uma fase líquida ou gasosa; bifásicas, quando contêm duas fases, sejam elas líquida + gasosa, líquida + sólida, sólida + gasosa, ou duas líquidas, como no caso de dois líquidos imiscíveis; trifásicas, quando apresentam uma combinação de três fases, onde as mais comuns são de duas líquidas + gasosa e de líquida + gasosa + sólida; e

polifásicas ou multifásicas, quando são constituídas por quatro ou mais fases (Roedder 1981). Do ponto de vista temporal, elas podem ser classificadas simplesmente em primárias e secundárias (Roedder 1984).

As inclusões fluidas constituem uma importante característica da esmeralda de Santa Terezinha. Embora relativamente freqüentes, possuem dimensões reduzidas, podendo ser observadas somente com aumentos acima de 50 vezes. Por outro lado, a grande quantidade de fases sólidas, dispersas nessas esmeraldas, dificulta a localização das fases fluidas. Todos esses fatores, levaram os vários estudiosos que escreveram sobre a esmeralda de Santa Terezinha a não citar ou então afirmar que inclusões fluidas são raras nas gemas desse local (Mendes & Svisero 1988).

Essas inclusões são representadas por uma, duas ou três fases distintas, mostrando uma grande variação nas formas e nos conteúdos contidos nas cavidades. Assim sendo, exibem formas variadas podendo ser retangulares, subcirculares, notando-se um certo predomínio de formas irregulares geralmente estiradas. Apesar das dimensões pequenas, é possível observar a ocorrência de inclusões monofásicas preenchidas por líquido ou gás, bem como de associações bifásicas primárias dos tipos líquido + líquido (Fotomicrografia 31) e líquido + sólido (Fotomicrografia 32 e 33) e associações bifásicas secundárias tubiformes líquido + líquido (Fotomicrografia 34) e líquido + gás (Fotomicrografia 35), e ainda inclusões secundárias trifásicas do tipo sólido + líquido + gás (Fotomicrografia 36). A fase sólida é rara e nos casos vistos mostra forma romboédrica (Fotomicrografia 33 e 36), sugerindo tratar-se de um carbonato como nas esmeraldas de Takowaya (Gübelin 1974).

7.3 - SIGNIFICADO GEOLÓGICO DAS INCLUSÕES

As determinações efetuadas nesse trabalho mostraram que as esmeraldas de Santa Terezinha contêm uma suíte diversificada de inclusões minerais. Analisadas isoladamente ou na forma de associações minerais, elas traduzem uma série de paragêneses que concordam com as paragêneses existentes nas rochas encaixantes dessas esmeraldas. Por exemplo, foi visto que a cromita, um mineral típico de rochas ultrabásicas (Deer *et al.* 1972), é a principal inclusão nes

FOTOMICROGRAFIA 31 - Vista geral das inclusões fluidas primárias, sem nenhuma orientação no cristal hospedeiro. Nicóis paralelos.

FOTOMICROGRAFIA 32 - Inclusões fluidas bifásicas do tipo líquido + líquido. Nicóis cruzados e cunha de gipso.

30 μ

FOTOMICROGRAFIA 33 - Detalhe da fotomicrografia 31, observando no centro uma inclusão bifásica do tipo líquido + sólido e no quadrante SE uma inclusão do tipo *neck-down*. Nicóis paralelos.

10 μ

FOTOMICROGRAFIA 34 - Inclusões fluidas sencundárias tubiformes do tipo líquido + líquido, orientadas ao longo de planos de fraturas. Nicóis paralelos.

FOTOMICROGRAFIA 35 - Inclusões fluídas secundárias do tipo líquido + gás + sólido. Nicóis paralelos.

FOTOMICROGRAFIA 36 - Cavidade subcircular com preenchimento trifásico sólido + líquido + gás. Nicóis paralelos.

sas esmeraldas. O mesmo se pode afirmar para a flogopita, embora essa mica não seja tão freqüente quanto a cromita. O talco, outra fase amplamente distribuída na esmeralda, é um dos principais constituintes dos xistos portadores das mineralizações esmeraldíferas em Santa Terezinha. Os vários anfibólios identificados (ferropargasita, antofilita - cummingtonita) também estão coerentes com o grau de metamorfismo evidenciado pelas encaixantes. A própria esmeralda, em última instância, é um mineral tipicamente metamórfico, ocorrendo sob a forma de porfiroblastos como está ilustrado na Fotomicrografia 37.

Com respeito ao quimismo das inclusões, os dados conhecidos já permitem uma análise preliminar sobre as características vigentes no ambiente de cristalização da esmeralda. As análises químicas revelaram a existência de duas gerações de cromita, tipo 1 e tipo 2, sugerindo variações composicionais durante a formação da esmeralda. Como está mostrado nas tabelas 10 e 11, a cromita do tipo 1 distingue-se da do tipo 2, por conter valores de Al_2O_3 significativamente menores do que a do tipo 2. Esse aumento de teores de Al_2O_3 nas cromitas do tipo 2 é praticamente idêntico à diminuição do teor de FeO. A cromita constitui uma série, cujos membros é a cromita ($FeCr_2O_4$) e magnesiocromita ($MgCr_2O_4$), onde quantidades apreciáveis de ferro podem substituir o magnésio (Deer *et al.* 1972). Como as duas gerações de cromita são singenéticas, podemos afirmar que houve variação no ambiente durante a formação de esmeralda. Similarmente, zoneamentos observados nas inclusões de carbonato confirmam que essas variações são extensas, afetando também as soluções que atuaram nos processos de mineralização. As análises químicas (Tabela 14) indicam que se trata de um carbonato singenético com bordas de reação, onde no núcleo da inclusão têm-se em torno de 1,6% de FeO e 0,2% de MnO, e, nas bordas, 8,0% de FeO e 0,8% de MnO. Portanto, no núcleo, tem-se dolomita e magnesita e nas bordas, breunnerita, uma variedade de magnesita com até 50% de ferro (Deer *et al.* 1972). Os sulfetos são representados pela pirita e patronita, sendo necessário lembrar que o segundo mineral é raríssimo, tendo sido encontrado em uma única amostra. As análises químicas (Tabela 20) revelaram que as inclusões de pirita contêm impurezas de níquel com teores variando entre 0,036 a 0,235%, e valores menores de Ag e As. A presença de pirita e de barita, minerais de

condições contrastantes, indica que a formação da esmeralda ocorreu sob condições bem variadas. A presença de patronita, um sulfeto raro de vanádio (Fleischer 1987), e de cromita atesta que a esmeralda formou-se em ambiente provido de Cr e V, que são exatamente os dois principais elementos cromóforos da esmeralda de Santa Terezinha. A ocorrência generalizada de cromita parece indicar uma abundância em crômio, fato comprovado por análises químicas das esmeraldas, que revelaram enriquecimento de crômio sobre o vanádio por um fator de até 40 vezes.

8 - GÊNESE DA JAZIDA

A gênese da esmeralda é um problema controverso e de difícil entendimento. As informações disponíveis sobre os diversos depósitos conhecidos na atualidade ainda não são suficientes para se formular uma hipótese única e definitiva sobre a gênese dessa gema. Há ainda vários problemas a serem resolvidos, tais como as fontes do berílio e dos cromóforos (crômio, vanádio e ferro) e o tipo de rocha encaixante. A grande maioria dos depósitos apresentam pontos comuns, como por exemplo, o fato de o berílio provir de uma fonte pegmatítica, e o crômio e o vanádio, de rochas metaultramáficas. Mas existem exceções como é o caso das jazidas colombianas. Nelas não há evidências da existência de pegmatitos, as encaixantes não são metaultramáficas e os íons corantes, crômio e vanádio, provêm de rochas sedimentares.

O primeiro autor a formular uma teoria para a gênese da esmeralda foi Fersman (1931), em seus estudos sobre a jazida de Tokovaya, localizada nos Montes Urais, U.R.S.S. Nessa jazida, a gênese está relacionada à intrusão de rochas ultramáficas, ricas em crômio e vanádio, as quais, no metamorfismo, transformar-se-iam em rochas do tipo talco xisto, anfíbolito, serpentinito, etc. Numa fase posterior, essas rochas seriam cortadas por pegmatito contendo berílio. A interação de soluções provenientes de rochas de afiliação granítica com rochas ultrabásicas acarreta a substituição do alumínio pelos íons corantes na estrutura do berilo formando a esmeralda. A teoria clássica anteriormente descrita aplica-se às jazidas brasileiras de Socotó, Carnaíba, Itabira e Nova Era, bem como às jazidas da Rússia, Zâmbia e Zimbábue. Mas existem locais, como, por exemplo, Santa Teresinha de Goiás, e Muzo e Chivor (Colômbia), onde a mineralização apresenta características diferentes das demais antes citadas.

Sinkankas (1981) apresentou a primeira classificação genética para os depósitos de esmeralda. Segundo esse autor, os dois principais processos na formação da esmeralda seriam o hidrotermal e o metamórfico-hidrotermal.

O mais interessante dos depósitos hidrotermais é o de Muzo, na Colômbia, de onde é extraída esmeralda desde os tempos pré-colombianos. Soluções hidrotermais provenientes de

um corpo granítico desconhecido, ricas em berílio, percolaram a rocha encaixante deste depósito, que é um calcário negro, intercalado com folhelho de idade cretácea. Como suporte para essa teoria pode-se citar a presença da parisita, um carbonato de terras raras, de fórmula química $\text{Ca}(\text{Nd,Ce,La})_2(\text{CO}_3)_3\text{Fe}_2$, mineral típico de rochas graníticas presente como inclusão na esmeralda e na rocha encaixante. A esmeralda nesse depósito ocorre em veios compostos de calcita e dolomita cinza, em um horizonte de rochas carbonatadas. Associados com a esmeralda ocorrem quartzo, parisita, fluorita, albita, barita (raramente), além de calcita e dolomita.

No tipo metamórfico-hidrotermal, primeiramente, ocorre a intrusão de rochas máficas e ultramáficas, que, através da ação do metamorfismo regional, propiciarão a origem de rochas do tipo anfibólio xisto, talco xisto, anfibolitos e serpentinitos. Numa segunda fase, estas rochas alteram-se em talco, clorita, actinolita, tremolita ou biotita xisto, sendo posteriormente cortadas por corpos pegmatíticos, algumas vezes contendo berílio. Devido à existência de uma interação química entre rochas graníticas, de um lado, e básicas/ultrabásicas de outro, ocorre a substituição do crômio pelo alumínio na estrutura do berilo, formando a esmeralda. Nesse tipo de depósito, estão incluídos os do Egito, da Zâmbia, de Zimbábue, da Índia, da Áustria, da Rússia e do Brasil (Carnaíba, Socotó, Itabira e Nova Era).

Schwarz (1987) propôs uma nova classificação baseada em critérios relacionados com a origem do berílio, dos cromóforos, das inclusões e das impurezas presentes na esmeralda. Essa classificação compreende quatro tipos genéticos distintos, cujas características, para facilidade de compreensão, estão condensadas na Tabela 23. Essa classificação merece alguns comentários, no que diz respeito aos critérios que lhe dão suporte. Um breve exame da mesma demonstra que dois tipos genéticos, ou seja, metade da tabela não possui dados conhecidos até o presente momento. Com relação às inclusões trifásicas, citadas como características para o tipo genético III e exemplificadas pelas jazidas colombianas, sabe-se que esse tipo de inclusão fluida aparece também nas jazidas dos Urais e Itabira, por exemplo, que são jazidas do tipo I/A₁. Além disso aparece também na jazida de Santa Terezinha de Goiás, onde, diga-se de passagem, as inclusões fluidas não são tão raras como afirma o referido autor. Com relação ao tipo gené

Tabela 23 - Classificação genética das ocorrências de esmeralda propostas por Schwarz (1987), baseado na fonte do berílio, dos cromóforos, das impurezas e inclusões cristalinas e fluidas.

Tipo Genético	Fonte do berílio	Fonte dos elementos Cr, V e Fe	Inclusões		Impurezas (%)				Exemplos
			Minerais	Fluidas	Cr ₂ O ₃	FeO	Na ₂ O	MgO	
I	Pegmatitos	Metaultramáficas	Abundantes	Trifásicas raras	≈ 0,2	≈ 0,5	≈ 1,5	≈ 1,2	Carnaíba e Socotó (BA) e Montes Urais (URSS)
			Raras	Numerosas	≈ 0,19	≈ 0,46	≈ 0,5	≈ 0,88	Itabira, MG
			Actinolita-tremolita	Inexistentes	≈ 0,7	≈ 0,34	≈ 2,17	≈ 2,37	Sandawana, Zimbabue
II	Não Pegmatítica	Metaultramáficas	Numerosas	Inexistentes	≈ 0,16	≈ 0,63	≈ 1,89	≈ 2,72	Habachtal, Áustria
			Carbonatos	Numerosas	≈ 0,7	≈ 0,8	≈ 2,1	≈ 2,6	Rio Swat, Paquistão
			Numerosas	Raras	≈ 0,66	≈ 1,07	≈ 1,89	≈ 2,89	Santa Terezinha, Goiás
III	Desconhecida	Argilitos e folhelhos negros	Poucas	Numerosas	≈ 0,3	≈ 0,3	≈ 0,6	≈ 0,7	Colômbia
IV	Desconhecida	Desconhecida	-	-	-	-	-	-	Hiddenite, USA

tico IV, exemplificado pela jazida de Hiddenite, simplesmente não se conhece nada no que diz respeito à fonte do crômio, do berílio, das impurezas químicas e das inclusões, de modo que a colocação deste grupo a parte baseia-se no fato de não se conhecer nada a respeito dele.

Da mesma forma, os valores referentes às impurezas arroladas na Tabela 23 evidenciam superposição, de forma que esse critério aparentemente não permite a adoção de uma classificação para os grupos I e II. Por exemplo, com relação às inclusões minerais, o problema é simplesmente de falta de estudo, pois os dados existentes na literatura são, em sua maior parte, produzidos somente por observações ópticas, portanto pouco conclusivos. Determinações mais recentes, apoiada em difração de raios X e microsonda eletrônica, parecem na verdade indicar certas semelhanças, e não diferenças entre as inclusões. É possível que existam certas inclusões predominantes em cada uma das jazidas, mas faltam estudos a esse respeito.

Como foi enfatizado anteriormente, além de Santa Terezinha de Goiás, os principais jazimentos de esmeralda no Brasil estão situados em Carnaíba e Socotó (BA) e em Itabira e Nova Era (MG). Na jazida de Carnaíba, segundo estudos de Griffon *et al.* (1967), Couto & Almeida (1982), Moreira & Santana (1982), Mendes *et al.* (1985) e Rudowski *et al.* (1987) tem-se uma sequência rochosa representada pelo granito de Carnaíba, pegmatitos, rochas metassomáticas, rochas ultrabásicas e quartzitos. Para Griffon *et al.* (1967), o referido granito seria a fonte das apófises pegmatíticas contendo berílio, as quais cortaram as rochas ultrabásicas metamorfizadas do tipo serpentina xisto, ricas em crômio. A mineralização de esmeralda encontra-se associada a rochas produzidas pela ação metassomática dos filões pegmatíticos nos serpentina xistos, gerando talco-biotita xistos. Esses xistos, ou *sludite*, desenvolvem-se paralelamente às paredes dos veios pegmatóides, mostrando uma zona de transição para a ultrabásica constituída de uma massa de talco microgranular, lamelas de flogopita e um pouco de serpentina, não alterada. A esmeralda ocorre associada à molibdenita, quartzo, apatita, schorlita e mica preta. Para os referidos autores, a jazida de Carnaíba seria semelhante à jazida de esmeralda dos Urais (URSS) estudada por Fersman (1931), ou seja, à gênese clássica dos jazimentos esmeral

díferos. A mina de Socotô (BA), apesar de pouco estudada, mostra as mesmas características genéticas de Carnaíba (Couto 1985b).

A jazida de esmeralda de Itabira (MG), conforme Souza (1988), é caracterizada pela presença de uma seqüência vulcano-sedimentar em contato com rochas gnáissicas de composição granítica. Esta seqüência é representada por xistos metapelíticos, xistos de metaultramáficas, anfibolitos diversos, veios pegmatóides e veios de quartzo. A esmeralda ocorre predominantemente associada aos xistos provenientes de metaultramáficas, representados por biotita/flogopita xistos ou biotititos. Para Souza (1988), a mina de Itabira apresenta todas as condições básicas requeridas para a formação da esmeralda no caso clássico. A jazida de Nova Era, descoberta casualmente em outubro de 1988, está situada cerca de 8 km da mina de Itabira. Trabalhos em andamento (Souza *et al.* 1989) indicam que ela está situada na mesma seqüência metamórfica anteriormente referida, apresentando, também, as mesmas características geológicas do jazimento de Itabira.

No que diz respeito à jazida de Santa Terezi - nha de Goiás, os primeiros dados referentes à gênese são encontrados em Svisero & Queique (1982), Sauer (1982), Bank & Petsch (1982), Ribeiro & Sá (1983), Cassedanne (1984), Cassedanne & Sauer (1984), Souza & Leão Neto (1984), Lima Júnior *et al.* (1984), Mendes & Schwarz (1985) e Costa (1986). Svisero & Queique (1982) aventaram a hipótese de uma origem metamórfica-hidrotermal para esta jazida. Sauer (1982) sugere a existência de um corpo pegmatítico próximo aos estratos de xistos portadores da esmeralda, relacionando este jazimento ao tipo clássico. Da mesma forma, Bank & Petsch (1982) sugerem também a existência de corpos pegmatíticos fornecedores do berílio, que cortariam os gnaisses e mica xistos na área do garimpo. Para Ribeiro & Sá (1983), a gênese da esmeralda de Santa Terezinha provavelmente acha-se ligada ao granito intrusivo, que ocorre aproximadamente 5 km a sudoeste do garimpo (Figura 9). Esse granito seria responsável pelas soluções que originaram as esmeraldas. Esses autores supõem, ainda, que os xistos portadores de esmeraldas são cortados por veios pegmatóides quartzo-feldspáticos, em cujos contatos ocorrem as concentrações de esmeralda. Conforme Cassedanne (1984) e Cassedanne & Sauer (1984), um vulcanismo básico e ultrabásico e intrusões graníticas acompanharam os dobramentos durante o Ciclo Uruaçuano.

Esses mesmos autores fazem referência à presença de várias lentes e veios pegmatíticos intersectando a camada mineralizada. Para Souza & Leão Neto (1984) e Lima Júnior *et al.* (1984) a gênese da esmeralda está relacionada à penetração de veios pegmatíticos contendo berílio em massas ultrabásicas existentes na seqüência xistosa de Santa Terezinha de Goiás. Esses autores ressaltam que não foram observadas rochas pegmatóides portando berilo na região do garimpo, apesar da presença do granito de São José do Alegre a sudoeste da área trabalhada. Mendes *et al.* (1985) observam que a esmeralda ocorre associada a veios carbonatados, a talco-clorita xistos carbonatados e a bolsões de biotita xistos, mas não encontraram veios quartzo-feldspáticos. Costa (1986) aponta que nos locais de espessamento tectônico os talco xistos carbonatados funcionaram como condutos dos fluidos mineralizantes e que as mineralizações de esmeralda são tipicamente epigenéticas, podendo ser enquadradas no tipo não pegmatítico. Com exceção de Svisero & Queique (1982), Mendes *et al.* (1985) e Costa (1986), todos os demais autores anteriormente citados apontam como provável fonte para o berílio na jazida de Santa Terezinha de Goiás os veios pegmatíticos. Sabe-se, no entanto, que não existem evidências da presença desses corpos na área de garimpagem.

A fonte do berílio nessa jazida é controvertida, podendo não ser pegmatítica, como na maioria das jazidas do mundo. Ela pode estar relacionada à uma remobilização durante o metamorfismo de alto grau que afetou a região durante o Proterozóico Médio no Ciclo Uruaçuano. A fonte do berílio também pode estar ligada a soluções pneumatolíticas do granito de São José do Alegre ou, ainda, a derrames ácidos ligados à Seqüência *Greenstone Belt* de Crixás-Guarinos-Hidrolina-Pilar de Goiás. Verifica-se, portanto, que a fonte do berílio continua sendo um problema controvertido nesta jazida e que faltam, ainda, estudos geológicos, mineralógicos e químicos detalhados para solucionar essa importante questão. No momento, a Metais de Goiás (METAGO) está realizando levantamentos estruturais de detalhe na região da jazida, o que poderá fornecer novas informações sobre esse ponto. Tais estudos poderão contribuir, ainda, para o conhecimento das fontes das soluções metassomáticas/pneumatolíticas que carregaram o Be para os sítios favoráveis à sua cristalização nas rochas da Seqüência Santa Terezinha. O que se sabe é que a fonte dos íons corantes

crômio e vanádio está ligada a derrames ultramáficos relacionados a essa mesma seqüência.

Os trabalhos de campo e os dados obtidos no laboratório, no decorrer dessa pesquisa, permitiram compreender alguns dos inúmeros problemas concernentes à gênese da jazida de Santa Terezinha de Goiás. Os resultados explicam vários aspectos da formação dos depósitos, mas deixam em aberto certas questões, pois os métodos disponíveis durante essa pesquisa não foram suficientes para as resolver. De qualquer forma, os dados coligidos associados às informações disponíveis na literatura internacional permitiram elaborar uma seqüência de fatos que explicam de forma razoável, a maior parte dos aspectos genéticos encontrados nos garimpos de Santa Terezinha de Goiás.

Como foi visto, a nível regional, a jazida de Santa Terezinha de Goiás situa-se num cinturão de rochas metamórficas proterozóicas, cujo embasamento é representado por rochas gnáissicas sendo que as supracrustais são representadas pelos metasedimentos da Seqüência de Santa Terezinha. As rochas do embasamento são representadas pelo complexo gnáissico-anfibolítico, pelo domo granito-gnáissico da serra de Santa Cruz além de um complexo granito-gnáissico indiferenciado. As supracrustais são representadas pela Seqüência Santa Terezinha, a qual é constituída regionalmente por talco xisto, clorita-quartzo xistos, sericita quartzitos e magnetita-moscovita xistos (Figura 9). Na região do garimpo ocorrem quartzo-carbonato-talco xistos (1), biotita/flogopita xistos, biotita/flogopita-carbonato xistos com quartzo, quartzo-carbonato-talco xistos (2), moscovita-clorita-carbonato-quartzo xistos e blastomilonitos (Figura 11). A sudoeste da região dos garimpos ocorre o granito São José do Alegre. Os fluídos berilíferos responsáveis pelas mineralizações esmeraldíferas poderiam relacionar-se a esse plúton granítico, mas não existem evidências no campo de feldspatização associada à esmeralda. Outra possibilidade poderia ser uma remobilização do berílio a partir das rochas do embasamento no metamorfismo de alto grau do complexo basal goiano, mas não temos evidências que corroboram essa hipótese.

As assembléias minerais identificadas na área do garimpo de esmeralda de Santa Terezinha de Goiás indicam que as litologias ali encontradas são pertencentes ao metamorfismo da fácies xisto-verde. A clorita, mineral comum nas rochas encaixantes

da esmeralda, aparece em contacto com quartzo e moscovita. Essa associação, conforme Winkler (1967), é típica da fácies xisto-verde, embora clorita rica em Mg seja estável ainda na fácies anfibolito inferior. O talco, outro mineral típico da fácies xisto-verde (Deer *et al.* 1972), também comum na Sequência Santa Terezinha, é certamente proveniente do metamorfismo das rochas ultrabásicas. A ausência da forsterita nas rochas encaixantes dá suporte a essa afirmativa, tendo em vista que em protólitos ricos em SiO_2 e MgO a forsterita tem o seu início de aparecimento somente a partir da fácies anfibolito inferior.

Com relação aos controles dos depósitos, dois fatores básicos controlaram a mineralização de esmeralda de Santa Terezinha de Goiás, um de caráter estrutural e outro de caráter litológico (Figura 15). O controle estrutural é representado por dobras em monoclinais, as quais os garimpeiros denominam de *canoões*; já o controle litológico é representado por camadas de talco xistos e lentes de biotititos.

Os metamorfitos da região dos garimpos originaram-se a partir de rochas ultrabásicas. Na Tabela 24, são apresentadas 10 análises de xistos da Sequência Santa Terezinha, sendo 8 análises do talco xisto e 2 análises do clorita xisto não mineralizado. Com a finalidade de determinar o teor de crômio e vanádio, foram analisadas 3 amostras dos níveis mineralizados em esmeraldas. Em todas as análises do talco xisto, o teor de SiO_2 é menor do que 45%, o que indica tratar-se de rochas metaultrabásicas. Os teores de Cr, Ni e Mg, por sua vez, são concordantes com os valores observados em outras rochas desse tipo. Observa-se que a caracterização do material original é muito difícil, pois trata-se de rochas heterogêneas e carbonatadas, refletindo provavelmente um ambiente de ação metassomática. As análises dos níveis mineralizados em esmeraldas (ST1, ST7 e ST8) revelaram teores de crômio muito superiores aos níveis não mineralizados. Uma das análises referente a um clorita xisto isento de esmeralda apresentou também um teor alto de Cr_2O_3 , tornando-o uma fonte possível dessa gema.

Existem na jazida evidências de que a esmeralda sofreu esforços após a sua cristalização. Assim sendo, a turmalina, o berilo e os carbonatos exibem biaxialidade anômala, sugerindo que as encaixantes da esmeralda foram submetidas a esforços tectônicos após a sua formação. Lamelas de geminação, vistas nos carbonatos (Fotomicrografia 10) formaram-se, também, provavelmente,

Tabela 24 - Conteúdo de elementos maiores e traços nas rochas da Sequência de Santa Terezinha de Goiás.

Amostras	ST1	ST2	ST3	ST4	ST5	ST6	ST7	ST8	ST9	ST10
Elementos	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%
SiO ₂	36.42	42.66	30.53	44.51	43.16	40.95	43.77	32.22	56.20	52.16
TiO ₂	0.20	0.38	0.72	0.50	0.89	0.76	0.41	0.22	0.21	0.20
Al ₂ O ₃	1.56	3.30	4.21	6.00	3.08	2.07	0.75	1.23	8.18	0.47
Fe ₂ O ₃	7.23	10.93	20.93	10.57	11.46	7.41	6.24	11.22	11.52	5.34
FeO	2.72	3.89	2.40	3.17	2.49	2.13	2.17	2.48	2.90	1.82
MgO	12.87	7.08	25.49	14.37	25.63	15.43	16.95	16.15	3.58	8.42
CaO	13.02	8.41	0.69	6.16	2.35	10.59	5.60	17.56	0.61	10.53
MnO	0.35	0.16	0.09	0.24	0.18	0.15	0.13	0.28	0.24	0.19
K ₂ O	0.04	0.39	0.04	5.13	4.08	0.35	0.01	0.03	1.56	0.01
Na ₂ O	0.05	0.85	0.61	0.82	0.58	3.11	0.09	1.52	3.18	0.05
PF	21.94	15.23	13.08	6.66	5.08	16.65	21.91	15.89	5.29	21.36
Total	96.40	93.28	98.79	98.13	98.98	99.60	98.03	98.98	93.47	99.55
Elementos	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm
Cr	1630	102	612	245	347	551	3026	1410	204	1120
Ni	296	77	154	65	72	120	896	2878	61	512
Co	95	63	116	58	48	75	76	68	47	54
V	40	35	70	30	80	40	65	70	30	60

ST1 a ST8: talco xisto; ST9 a ST10: Clorita xisto; ST1, ST7 e ST8 : níveis mineralizados em esmeraldas.

durante a ação desses esforços.

No tocante à gênese dessa jazida, existem evidências de que ela é de origem hidrotermal. A presença de turmalina e de apatita nas encaixantes bem como a de barita entre as inclusões sólidas na esmeralda dão suporte a essa idéia. Sob esse prisma, a jazida de Santa Terezinha de Goiás guarda similaridades com as jazidas colombianas de Muzo, Chivor e Cosquez, onde a barita é uma inclusão importante.

A esmeralda ocorre na forma de porfiroblastos idiomórficos encaixados nos quartzo-carbonato-talco xistos (1) e nos biotita/flogopita xistos (Fotomicrografia 37). Os minerais micáceos produzem uma xistosidade de contorno nos cristais de esmeralda, evidenciando que esta deve ser de cristalização sin-cinemática em relação ao evento que gerou a xistosidade.

Entre as principais feições estruturais dos porfiroblastos de esmeralda, destaca-se um sistema de fraturamento discordante da xistosidade dos quartzo-carbonato-talco xistos (1) e dos biotita/flogopita xistos encaixantes (Fotomicrografia 38). Isto evidencia que a esmeralda foi formada durante um ciclo tectônico, possivelmente no Uruaçuano, e depois esteve submetida a um novo diastrofismo, talvez no Brasiliano. Isto explica a grande quantidade de fraturas preenchidas por óxidos amorfos secundários, o que torna grande parte da esmeralda sem valor gemológico.

Foram observadas evidências de falhamentos na área dos garimpos. Nos poços mais antigos do Trecho Novo, a esmeralda foi encontrada a 50 m de profundidade. Já no Trecho Loteado, localizado a apenas 500 m a norte, essa gema foi encontrada a 300m de profundidade, sugerindo que houve falhamentos com abatimento de blocos, que arrastaram as camadas mineralizadas para profundidades superiores nesse trecho. No Trecho Novo, existem poços que ultrapassaram 3 camadas mineralizadas, portanto, caso este falhamento seja de fato confirmado a potencialidade da área garimpeira aumentará consideravelmente.

Inclusões de talco na esmeralda mostram feição estrutural de caráter helicítico, formando padrões algo espiralados (Fotomicrografia 2), o que indica uma possível rotação do cristal. Tal fato mostra uma etapa de cristalização contrária àquela encontrada por Morteani & Grundmann (1977) nas esmeraldas da Áustria. Nestas esmeraldas a orientação das inclusões lamelares são

FOTOMICROGRAFIA 37 - Porfiloblasto de berilo (B) (esmeralda), circundado por lâminas de talco (T), sugerindo que o berilo seja sin ou pós-cinemático em relação ao evento que produziu a xistosidade. Nicóis cruzados.

FOTOMICROGRAFIA 38 - Sistema de fraturamento na esmeralda preenchido por quartzo, visto sob nicóis cruzados. Observa-se que as fraturas discordam da xistosidade do talco xisto encaixante que aparece no quadrante NE da fotomicrografia. Nicóis cruzados.

perfeitamente concordantes com a xistosidade da rocha, levando esses autores a concluir que a gema se formou depois do último evento tectônico.

Com relação à cor, os principais elementos cromóforos da esmeralda de Santa Terezinha de Goiás são o crômio e o vanádio. A presença da patronita (sulfeto raro de vanádio) e da cromita entre as inclusões minerais dessa esmeralda confirma que ela se formou em um ambiente rico nesses elementos.

Estudos pormenorizados mostraram que a esmeralda de Santa Terezinha de Goiás contém uma grande variedade de inclusões sólidas, destacando-se, por ordem de importância a cromita, os carbonatos (dolomita e magnesita), o talco, a flogopita, a pirita, a patronita, o quartzo, a barita, o berilo e a ferro-pargasita. A cromita é a inclusão mineral mais comum, ocorrendo na forma de duas gerações distintas, contendo cada uma delas cerca de 2,0 e 10,0% de Al_2O_3 . Os carbonatos (dolomita e magnesita) exibem zoneamento com núcleos contendo aproximadamente 1,6% de FeO e bordas com 8,5% de FeO. Entre as inclusões escuras aparece a flogopita, porém em quantidade bem menor do que se pensava anteriormente, situação contrária ao que se observa na jazida de Itabira. A pirita apresenta dimensões de vários milímetros, sendo, em geral, isenta de impurezas químicas. Outro sulfeto, a patronita, aqui identificada pela primeira vez em esmeraldas naturais, é uma das fontes do vanádio, um dos cromóforos da esmeralda. As demais inclusões, quartzo, berilo, talco, barita e anfibólios, são concordantes com a paragênese das encaixantes.

As inclusões fluidas constituem uma feição notável dessa esmeralda, exibindo formas retangulares, subcirculares e, ainda, formas irregulares estiradas, mas sempre de dimensões reduzidas. Não foi observada nenhuma orientação preferencial dessas inclusões no cristal hospedeiro. O preenchimento dessas inclusões é do tipo líquido + líquido, líquido + sólido, líquido + gás e sólido + líquido + gás.

Resumindo, a ordem dos eventos que culminaram com a formação da esmeralda de Santa Terezinha de Goiás teve início com os derrames ultramáficos da Sequência *Greenstone Belt* de Crixás-Hidrolina-Guarinos-Pilar de Goiás. Os níveis ultramáficos dessa mesma sequência sofreram metamorfismo regional, produzindo

do rochas metamórficas do tipo talco xistos e biotita xistos (biotititos). Intrusões ácidas, embora não existam evidências delas na área dos garimpos, teriam fornecido soluções ricas em berílio, que percolaram níveis permeáveis de xistos da Sequência Santa Terezinha. Uma possível origem para o berílio seria o granito São José do Alegre, aproximadamente a 5 km da área garimpeira. Os níveis de xistos metaultramáficos, por onde percolaram essas soluções carreadoras do berílio, eram ricos nos cromóforos crômio, vanádio e ferro, como atesta a presença da cromita e da patronita, entre as inclusões da esmeralda, e da cromita, entre os acessórios da rocha encaixante. Os porfiroblastos de esmeralda evidenciam a existência de dois ciclos tectônicos sofridos pela gema, permitindo supor que a cristalização aconteceu no Uruaçuano. A ação dos esforços do Brasiliano estaria relacionada ao sistema de fraturamento na esmeralda, geralmente preenchido por quartzo, carbonatos e óxidos amorfos. A esmeralda é extraída de rochas metamórficas pertencentes ao fácies xisto-verde, provenientes dos derrames ultramáficos.

9 - AGRADECIMENTOS

Este trabalho tornou-se possível graças a uma série de colaborações prestadas por pessoas e entidades, ao longo das diferentes etapas de seu desenvolvimento, às quais o autor externa a sua mais sincera e profunda gratidão.

Ao Professor Dr. Darcy P. Svisero pela orientação segura, além da amizade, ajuda e incentivo durante a elaboração deste trabalho.

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), pela concessão de auxílio para a realização deste trabalho.

Ao Departamento Nacional da Produção Mineral (DNPM) - Goiânia, pelo apoio de campo.

À Divisão de Petrografia da Superintendência de Tecnologia da Companhia Vale do Rio Doce, na pessoa do Geólogo Luiz Rodrigues Armoa Garcia, que franqueou suas instalações e laboratórios e auxiliou pessoalmente na execução das análises.

À Professora Selma Maria Fernandes, do DEGEO/UFOP, pela valiosa colaboração na identificação dos difratogramas de raios X e pelos conhecimentos transmitidos.

Ao amigo Juarez Leal de Souza, do DEGEO/UFOP, pelo apoio e incentivo e pelas críticas e sugestões apresentadas.

Ao Departamento de Geologia, à Imprensa Universitária e a Diretoria de Planejamento da Universidade Federal de Ouro Preto - UFOP, pelo apoio nos desenhos, cópias xerox e revelação de filmes e slides.

A todos os colegas do DEGEO/UFOP que colaboraram e participaram direta ou indiretamente na execução deste trabalho.

Enfim, a todos aqueles que de uma maneira ou de outra contribuíram para que este trabalho fosse realizado.

10 - BIBLIOGRAFIA

- ALBEE, A.L. - 1962 - Relationships between the mineral association, chemical composition and physical properties of the chlorite series. Amer. Mineral, 47:851-870.
- ALMEIDA, F.F.M. - 1967a - Origem e evolução da plataforma brasileira. Rio de Janeiro, DNPM. 36p. (D.G.M. 241).
- ALMEIDA, F.F.M. - 1967b - Observação sobre o Pré-Cambriano na região central de Goiás. Boletim Paranaense de Geociências, Curitiba, (26): 19-22.
- ALMEIDA, F.F.M. - 1968 - Evolução tectônica do centro-oeste brasileiro no Proterozóico Superior. An. Acad. Bras. Ciênc., 40: 385-395.
- ALMEIDA, F.F.M.; HASUI, Y.; BRITO NEVES, B.B - 1976 - The Upper Cambrian of South America. Bol. IG/USP, 7:45-80.
- ALMEIDA, F.F.M.; HASUI, Y.; BRITO NEVES, B.B.; FUCK, R.R. - 1977 - Províncias estruturais brasileiras. In: SIMP. GEOL. NORDESTE, Campina Grande, 1977. Atas... Campina Grande. v.8, p. 363-391.
- ANGEIRAS, A.G. - 1968 - A faixa de serpentinitos da região central de Goiás. An. ACAD. BRAS.CIENC., 40:129-136.
- ARAÚJO, J.O. & LEONARDOS, O.H. - 1986 - A esmeralda do Município de Pirenópolis, Goiás: um exemplo de greinsenzização de talco xisto. In: CONG. BRAS. GEOL., 34, Goiânia. Anais... Goiânia, SBG, v.4, p.1835-1845.
- ARAÚJO FILHO, J.O. - 1978 - The geology of Pirenópolis - Corumbá de Goiás, Central Brazil: a contribution. 6 Geowiss Lateinamerika Kool., Kruzfassungen, Stuttgart. p. 7-8.
- BANK, H. - 1974 - The emerald occurrence of Miky, Zambia. Jour. Of Gemm., 14:8-15.

- BANK, H. - 1980 - Sehr hoch lichtbrechender smaragd aus Zambia
Z. Dt. Gemmol. Ges., 29:101-103.
- BANK, H. & PETSCH, E. - 1982 - Über ein neues Vorkommen von
Smaragd bei Sta. Terezinha, Goyas, Brasilien. Z.Dt.Gemol.
Ges. 31(1/2):89-90.
- BARBOSA, J.E.C.A - 1974 - Perfil analítico da esmeralda MME/
DNPM, Rio de Janeiro, Bol. 12, 29p.
- BARBOSA, O. - 1955 - Guia das Excursões. In: CONG. BRAS. GEOL.,
9, São Paulo, SBG, v.3, p.3-5.
- BARBOSA, O.; BRAUN, O.P.G.; DYER, R.C.; CUNHA, C.A.B.R. - 1970-
Geologia da região do Triângulo Mineiro. Rio de Janeiro,
DNPM. 140p. (D.G.M. 136).
- BARBOSA, O.; RAMOS, J.R.; GOMES, F.A.; HELMBOLD, R. - 1966 - Geo-
logia, estratigrafia, estrutural e econômica da área do Pro-
jeto Araguaia. Rio de Janeiro. DNPM. 94p (D.G.M. 19).
- BARROS, J.C. - 1985 - The chemistry of emeralds and associated
beryls in Porangatu deposit, Brazil. In: CONG. LATINOAMERI-
CANO GEOL., 6, BOGOTÁ, 1985. Anais... Bogotá. v.1, p. 495-504.
- BARROS, J.C. & KINNAIRD, J.A. 1987 - Emeralds from Goiás, Bra-
zil. INT. GEMOL. CONF., Rio de Janeiro, 1987. Abstract...Rio
de Janeiro, v.1, p.1-3.
- BARROS, J.C. & WHITLEY, J.A. - 1986 - Correlation of chromophores
with the colour and hue of emerald and other beryls from Po-
rangatu emerald deposit, Goiás State, Brazil. In: CONG. BRAS.
GEOL., 34, Goiânia, 1986. Anais... Goiânia, SBG, v.4, p.1846-1853.
- BASTOS, F.M. - 1981 - Emeralds from Itabira, Minas Gerais, Brazil.
Lap. Journ., 35 (9): 1842-1848.
- BEUS, A. A. - 1966 - Geochemistry of Berillium. San Francisco .
W. H. Freeman and Company. 401 p.

- BRANCO, R.M.G.; SCHWARZ, D.; SVISERO, D.P.; MENDES, J.C-1984- Da dos mineralógicos da esmeralda da Fazenda Boa Esperança, Município de Tauá, Ceará. In: CONG. BRAS. GEOL., 33, Rio de Janeiro, 1984. Anais ... Rio de Janeiro, SBG, v.10, p.4986-4994.
- CASSEDANNE, J.P. - 1984 - As esmeraldas do Brasil. Brasil Reloj. Joalh., 25(283): 76-82.
- CASSEDANNE, J.P. & CASSEDANNE, J.O. - 1974 - Note sur la mine d'éméraude de Carnaíba. Ass. Franc. Gemm., 40:4-8.
- CASSEDANNE, J.P. & CASSEDANNE, J.O. - 1978 - Famous mineral localities: the Brumado district, Bahia, Brazil. The Mineralogical Record. 9(3):196-205.
- CASSEDANNE, J.P.; CASSEDANNE, J.O.; MELLO, Z.P. - 1976 - A ocorrência de esmeralda de Açude do Sossego - BA. Miner. Metal., 40(375): 36-42.
- CASSEDANNE, J.P.; CASSEDANNE, J.O.; MELLO, Z.F. - 1979 - As esmeraldas de Tauá e Pilão Arcado. Min. Met., 43(410):50-58.
- CASSEDANNE, J.P. & SAUER, A. - 1984 - The Santa Terezinha de Goiás emerald deposits. Gems & Gemol., 20(1):4-13.
- CONDIE, K.C. - 1981 - Archean greenstone belts. Amsterdam. Elsevier. 434 p.
- COSTA, S.A.G. - 1986 - Correlação da seqüência encaixante das esmeraldas de Santa Terezinha de Goiás com os terrenos do tipo greenstone belt de Crixás e tipologia dos depósitos. In: CONG. BRAS. GEOL., 34, Goiânia, 1986. Anais... Goiânia, SBG, v.4, p.597-614.
- COUTO, P.A. - 1983 - Garimpos de esmeralda de Carnaíba. In: Garimpos do Brasil. Brasília, MME/DNPM. Avulso n. 5, p.75-88.
- COUTO, P.A. - 1985a - Carnaíba e Socotó - Bahia. MME/DNPM. 56p. (Inédito).

- COUTO, P.A. - 1985b - Garimpo de esmeralda de Socotó. MME/DNPM. 14p. (Inédito).
- COUTO, P.A. & ALMEIDA, J.T. - 1982 - Geologia e mineralizações na área do Garimpo de Carnaíba. Bahia. In: CONG. BRAS. GEOL., 32, Salvador, Anais... Salvador, SBG, v.3, p.850-861.
- CUNHA, O.L. - 1961 - Esmeraldas da Fazenda do Sossego, Santana dos Ferros, Minas Gerais, Brasil. Gemologia, 25:09-14.
- DANNI, J.C.M & RIBEIRO, C.C - 1978 - Caracterização da seqüência vulcano-sedimentar de Pilar de Goiás e de Guarinos, Goiás. In: CONG. BRAS. GEOL., 30, Recife, 1978. Anais... Recife, SBG, v.2, p.582-589.
- DEER, W.A.; HOWIE, R.A.; ZUSSMAN J. - 1972 - Rock forming minerals. Lowe and Brydone Ltd. London. v.2, 37 4p.
- DRAGO, V.A. - 1984 - Compartimentação geotectônica do Complexo Goiano. In: CONG. BRAS. GEOL., 33, Rio de Janeiro, 1984. Anais... Rio de Janeiro, SBG, v.4, p.2205-2219.
- DRAGO, V.A.; PINTO, A.C.; MONTALVÃO, R.M.G.; SANTOS, R.O.B.; SIMÕES, M.A.; OLIVEIRA, F.C.; BEZERRA, P.E.L.; PRADO, P.; FERNANDES, C.A.C.; TASSINARI, C.C.G. - 1981 - Geologia. In: Brasil MME-SG-Projeto RADAMBRASIL. Folha SD-22 - Goiás. Rio de Janeiro. p.27-300 (Levantamento de Recursos Naturais-22).
- DRAPER, T. - 1963 - A new source of emerald in Brazil. Gems & Gemol., 11:111-113.
- ERICHSEN, A.I. & MIRANDA, J. - 1939 - Geologia do sul de Goiás, campanha de 1935 e 1936. Boletim do Serviço Geológico e Mineralógico, Rio de Janeiro. (94):1-60.
- EVANS Jr. H.T. & LANDERGREN, S. - 1978 - Vanadium. In: K.H. Wedepohl (ed.), Handbook of Geochemistry. New York, Springer-Verlag, v.II-2, p.23-A-1-23-0-1.

- FERSMAN, A.E. - 1931 - Les pegmatites. Trad. em francês (1951).
Universidade Lourdain, Bélgica.
- FISCHER, K. & PUCHELT, J. - 1978 - Barium. In: K.W. Wedepohl
(ed.), Handbook of Geochemistry. New York, Springer-Verlag,
v.II-4, p.56-A-1-56-0-1.
- FLEISCHER, M. - 1987 - Glossary of Mineral Species. The Mineralogical Record Inc., Tucson, USA, 230 p.
- FUCK, R.A & MARINI, O.J. - 1981 - O Grupo Araxá e unidades homotaxiais. In: SIMP. CRÁTON SÃO FRANCISCO e SUAS FAIXAS MARGINAIS, Salvador, 1981. Anais... Salvador, SME/BA.p.118-130.
- FUSIKAWA, K. - 1985 - Inclusões fluidas: métodos usuais de estudo e aplicações. In: CONTRIBUIÇÕES À GEOLOGIA E À PETROGRAFIA, 1, Belo Horizonte, 1985. Anais ... Belo Horizonte, SBG-MG. p. 29-44.
- GRAZIANI, G.; GÜBELIN, E.J.; LUCCHESI, S. - 1983 - The genesis of an emerald from the Kitwe District, Zambia. N.Jb. Miner. Mh., 12(4): 175-186.
- GRIFFON, J.C.; KREMER, M.R; MISI, A. - 1967 - Estudo estrutural e genético da jazida de esmeralda de Carnaíba, Bahia. An. Acad. Bras. Ciên. 39(1): 153-161.
- GÜBELIN, E.J. - 1958 - Emeralds from Sandawana. Jour. of Gemmol., 6: 340-354.
- GÜBELIN, E.J. - 1959 - Pormenores sobre as novas esmeraldas de Sandawana. Gemologia, 5(17):1-10.
- GÜBELIN, E.J. - 1968 - Gemmologische Beobachtungen am neuen Smargd aus Pakistan. Der Aufschluss, 18:111-116.
- GÜBELIN, E.J. - 1974 - Internal world of gemstone. Zurich, ABC Edition. 234 p.

- HANNI, H.A. & KEREZ, C.J. - 1983 - Neues vom Smaragd - Vorkommen von Santa Terezinha de Goiás, Goiás, Brasilien. Z.Dt. Gemmol. Ges. 32(1): 50-58.
- HASUI, U.; HENNIES, W.T.; IWANUCH, W. - 1975 - Idade potássio-argônio do Pré-Cambriano da região Centro-Norte do Brasil. Bol. IG/USP, 6:77-83.
- JUST, E. - 1926 - Emeralds at Bom Jesus das Meiras, Bahia, Brazil. Econ. Geol. 21:808-810.
- KOIVULA, J.I. - 1982 - Tourmaline as an inclusion in Zambia esmeralds. Gems. & Gemol., 4: 235-239.
- LEINZ, V. & LEONARDOS, D.H. - 1936 - Notas sobre as esmeraldas de Lages, Itaberahy, Goyas. Miner. e Metal, 1:147-151.
- LEINZ, V. & LEONARDOS, D.H. - 1959 - Notas sobre as esmeraldas da Fazenda das Lages, Itaberaí, Goiás. Gemologia, 4:7-14.
- LEONARDOS, D.H. - 1938 - Rutilo em Goyas. Serviço de Fomento da Produção Mineral, Rio de Janeiro, 60p. (Boletim 30).
- LIMA JÚNIOR, E.A.; DEUS, W.T.; PRIORI, R.S. - 1984 - Gemas no Estado de Goiás: ocorrências e estudos gemológicos preliminares. In: GONG. BRAS. GEOL., 33, Rio de Janeiro, 1984. Anais ... Goiânia, SBG, v.10, p.5027-5039.
- MACHADO, E.C. - 1981 - Novas considerações e integração geológica na região de Pilar - Crixás/Mara Rosa - Porangatu. In: SIMP. GEOL. CENTRO-OESTE, 1, Goiânia, 1981. Anais ... Goiânia, SBG, v.1, p-300-320.
- MARINI, O.J.; FUCK, R.A.; DARDENE, M.A.; DANNI, J.C.M. - 1984 - Província Tocantins: setores central e sudeste. In: Almeida, F.F.M. de & HASUI, Y, Coords. - O Pré-Cambriano do Brasil, São Paulo, Blücher. p.187-264.
- MARINI, O.J.; FUCK, R.A.; DARDENE, M.A.; FARIA, A. - 1977 - Contribuição à geologia do Pré-Cambriano da Porção Central de

- Goiás. Rev. Bras. Geoc., 4:304-324.
- MENDES, J.C. - 1986 - Gênese da esmeralda. Exame de Qualificação, IG/USP, 74p. (Inédito).
- MENDES, J.C. - 1989 - A ocorrência de esmeralda de Mara Rosa: aspectos geológicos e gemológicos, 16p. (No Prelo).
- MENDES, J.C. ; SCHWARZ, D.; SVISERO, D.P. - 1985 - Jazidas de esmeraldas do Brasil: Geologia e Mineralizações. In: CONG. LATINOAMERICANO GEOL., 6, Bogotá (No Prelo).
- MENDES, J.C. & SVISERO, D.P. - 1988 - As inclusões cristalinas e fluidas da esmeralda de Santa Terezinha de Goiás e seu significado geológico. In: CONG. BRAS. GEOL., 35, Belém. Anais... Belém, SBG, v.1.p. 384-412.
- MIYASHIRO, A. - 1973 - Metamorphism and metamorphic belts. London, Allen & Unwin. 492 p.
- MYIATA, T; HOSAKA, M. CHIKAYAMA, A. - 1987 - On the inclusions in emeralds from Santa Terezinha de Goiás, Brazil. J. Gemm , 20 (6): 377-379.
- MOREIRA, M.D. & SANTANA, A.J. - 1982 - O Garimpo de Carnaíba: geologia e perspectiva. In: CONG. BRAS. GEOL., 32, Salvador . Anais... Salvador, SBG, v.3, p. 862-874.
- MORTEANI, G. & GRUNDMANN, G. - 1977 - The emerald porphyroblasts in the penninic rocks of the central Tauern Window. N. Jb. Miner. Mh., (11):509-516.
- NASSAU, K. & JACKSON, A. 1970 - Trapiche emeralds from Chivor and Muzo, Colombia. Amer. Min., 55:416-427.
- RIBEIRO FILHO, W. - 1981 - Reavaliação da geologia de Pilar - Mara Rosa. In: SIMP. GEOL. CENTRO-OESTE, 1, Goiânia, 1981 . Anais... Goiânia, SBG, v.1, p.281-296.

- RIBEIRO, A.C. & SÁ, W.L. - 1983 - Garimpo de esmeralda de Santa Terezinha de Goiás - GO. In: Garimpos do Brasil . Brasília , MME/DNPM. Avulso nº 5, p. 269-283.
- ROBERTS, W.L.; RAPP JR., G.R.; WEBER, J. - 1974 - Encyclopedia of Minerals. Von Nostrand Reinhold Company, New York, 693 p.
- ROEDDER, E. - 1972 - Composition of fluid inclusions: applications to petrology, L. S. Hollister and M.L. Crawford (Editors) . Min. Assoc. Canada, p. 101-137.
- ROEDDER, E. - 1982 - Fluid inclusions in gemstone; valuable defects. In: INT. GEMOL. SYMP., 1, Santa Monica, GIA, v.1 , p 479-502.
- ROEDDER , E. - 1984 - Fluid inclusions . Rev. Min., 12:583 p.
- RUDOWSKI, L.; GIULIANI, G.; SABATÉ, P. - 1987 - The proterozoic granite massifs of Campo Formoso and Carnaíba (Bahia, Brazil) and their Be, Mo, W mineralizations. In: Internacional Symposium on Granites and Associated Mineralizations, Salvador, BA, Extended Abstracts, p. 253-257.
- SABÓIA, L.A. - 1979 - Os greenstone belts de Crixás e Goiás , GO. Boletim Informativo da SBG - Núcleo Centro-Oeste, Goiânia, (9): 43-72.
- SABÓIA, L.A.; TEIXEIRA, N.A.; CASTRO, J.H.G.; TEIXEIRA A.S. - 1981 - Geologia do greenstone belt de Crixás (GO) e suas implicações geotectônicas, In: SIMP. CRÁTON SÃO FRANCISCO E SUAS FAIXAS MARGINAIS, Salvador, 1981. Anais...Salvador, SME/BA . p. 39-50.
- SAUER, D.A. - 1982 - Emeralds from Brazil. In: INT. GEMOL. SYMP., 1, Santa Mônica, 1982, Brasil Paraíso das Pedras Preciosas . Amsterdam Sauer, 136p.
- SCHOBENHAUS FILHO, C.; VASCONCELOS, J.B.; ORLANDI, V. - 1975 - Carta Geológica do Brasil ao milionésimo; Folha Goiás (SD-22).

Brasília, MME/DNPM/DGM, 114 p.

SCHUMANN, W. - 1983 - Gemas do mundo. Ao Livro Técnico, Rio de Janeiro, 234 p.

SCHWARZ, D. - 1984 - Inclusões em esmeraldas. Rev. Esc. Minas de Ouro Preto, 37 (3-4): 25-34; 12-21.

SCHWARZ, D. 1987 - Esmeraldas - inclusões em gemas. Imprensa Universitária/UFOP. 439p.

SCHWARZ, D. - 1988 - As esmeraldas africanas: aspectos geológicos, genéticos e compilação das inclusões, 17 p. (No Prelo).

SCHWARZ, D & MENDES, J.C. - 1985a - Estudo comparativo das inclusões nas esmeraldas de Itabira/MG e Santa Terezinha/GO. In: SIMP. GEOL. MINAS GERAIS, 3, Belo Horizonte, 1985. Anais ... Belo Horizonte, SBG, v.5, p.154-164.

SCHWARZ, D & MENDES, J.C. - 1985b - Classificação das Inclusões nas esmeraldas brasileiras de Socotó/BA e Itabira/MG. In: CONG. LATINOAMERICANO GEOL., 6, Bogotá, 1985. Anais... Bogotá. v.2, p. 475-491.

SELIG, B.L. - 1965 - Carnaíba emerald mine. Gems & Minerals Magazine. 331: 22-24.

SILVA, G.F.; LIMA, M.I.C.; ANDRADE, A.R.F.; ISSLER, R.S.; GUIMARÃES, G. - 1974 - Geologia. In: Projeto RADAMBRASIL, Folha SB-22 - Tocantins. Brasil, MME/DNPM/SG, p.1-141.

SINKANKAS, J. - 1981 - Emeralds and other beryls. Radnor Pennsylvania. Chilton Book Company. 665 p.

SOUZA, J.L. - 1989 - Mineralogia e geologia da esmeralda da jazida de Itabira, MG. Dissertação de mestrado apresentada ao IG-USP, 192 p.

SOUZA, J.L. & SVISERO, D.P. - 1987 - Estudo óptico e roentgeno-gráfico de inclusão de esmeraldas da jazida de Itabira, Minas

- Gerais. In: SIMP. GEOL. MINAS GERAIS, 4, Belo Horizonte, 1987. Anais... Belo Horizonte, SBG, v.7, p.329-342.
- SOUZA, J.L.; MENDES, J.C.; SVISERO, D.P. - 1987 - Aspectos mineralógicos e geológicos das esmeraldas brasileiras. Rev. Esc. Minas de Ouro Preto, 40 (3): 18-26.
- SOUZA, J.L.; MENDES, J.C.; SVISERO, D.P.; GARIBALDI, E. - 1989 - Estudos Petrográficos e Mineralógicos da Esmeralda da jazida de Capoeirana, Nova Era, MG. Rev. Escola de Minas de Ouro Preto (No Prelo).
- SOUZA, J.O. & LEÃO NETO, R. - 1984 - Mapeamento geológico na área do garimpo de esmeralda de Santa Terezinha de Goiás. In: Projeto Estudo dos garimpos brasileiros. DNPM/CPRM. Goiânia, 65p. (Inédito).
- SPRY, A. - 1969 - Metamorphic textures. Oxford, Pergamon Press, 352 p.
- SVISERO, D.P. & QUEIQUE, J.L. - 1982 - Estudo geológico gemológico da esmeralda de Santa Terezinha de Goiás, GO. Relatório CNPq, 49p. (Inédito).
- VILJOEN, M.J. & VILJOEN, R.R. - 1969 - Evidence for the existence of a mobile extrusive peridotitic magma from the Komatii formation of the Onverwacht Group. Geol. Soc. Africa. SPEC Publ. 2. Upper Mantle Project, 87-112.
- WEBSTER, R. - 1956 - A esmeralda. Gemologia, 5:08-33; 6:03-14.
- WEBSTER, R. - 1983 - Gems: their sources, descriptions and identification. Buterworths, London (14th ed.), 1026 p.
- WINKLER, H.G.F. - 1967 - Petrogenesis of metamorphic rocks. New York, Springer-Verlag (2nd ed.), 334p.
- WOOD, D.L. & NASSAU, K. - 1986 - The characterization of beryl and emerald by visible and infrared absorption spectroscopy. Amer. Miner., 53:777-800.