

ESTUDO ÓPTICO E ROENTGENOGRÁFICO DE INCLUSÕES DE ESMERALDAS DA JAZIDA DE ITABIRA, MINAS GERAIS

Juarez Leal de Souza (Departamento de Geologia - UFOP), e **Darcy P. Svisero** (Inst. Geociências - USP)

ABSTRACT

Optical and X-ray studies of emeralds from Itabira, Minas Gerais State, Brazil, revealed mica (biotite/phlogopite), quartz and ralstonite as crystalline inclusions, several types of fluid inclusions, amorphous oxides, healing fractures, color zoning and growth lines. Mica, the most common crystalline inclusion, may be protogenetic and syn-genetic: the former one occurs randomly distributed in the host beryl, whereas the last one is parallel to the (0001) plane of the emerald. Quartz is not uncommon while the finding of ralstonite seems to be the first one ever recorded in the current literature. Fluid inclusions, occurring as minute acicular tubes parallel to the c axis of beryl are also a characteristic feature of the emerald from Itabira. They may occur as retangular and quadratic cavities being filled usually with two or three different phases.

1 - INTRODUÇÃO

Contrariamente ao que ocorre com o diamante, o conhecimento das inclusões cristalinas das gemas coradas, em geral, está ainda pouco desenvolvido. Enquanto que as inclusões do diamante já foram extensivamente estudadas, tanto do ponto de vista da mineralogia quanto da composição química (Meyer & Tsai 1976, Svisero 1984), as inclusões sólidas das demais gemas, incluindo a esmeralda, encontram-se no estágio de identificação das fases inclusas.

No tocante às inclusões da esmeralda, existe um grande número de citações na literatura apoiadas essencialmente em observações visuais e microscópicas. Baseando-se nos dados existentes, a mica (biotita/phlogopita) aparece como a inclusão mais freqüente, seguida de perto por tremolita/actinolita. Além desses minerais existe uma lista relativamente grande de outras fases onde se incluem quartzo, carbonatos, sulfetos, óxidos e outras substâncias. Como se observa, a falta de uma caracterização mais precisa sobre a natureza das fases citadas como inclusão, além de dados referentes à composição química de cada uma delas, constitui uma lacuna ainda a ser preenchida.

A grande dificuldade no trabalho de identificação das inclu-

sões sólidas da esmeralda e de outras gemas, é a dimensão exígua desses materiais, que via de regra possuem dimensões microscópicas a submicroscópicas. A identificação precisa nesses casos só pode ser obtida mediante técnicas especiais tais como a câmara de Gandolfi, a microssonda eletrônica, e outros métodos de análise igualmente resolutivos. Convém lembrar, entretanto, que a análise na microssonda exige a confecção de uma seção polida do material, dificultando ainda mais o estudo das inclusões. Esses fatos explicam, em parte, porque o conhecimento das inclusões minerais da esmeralda e das demais gemas coradas encontra-se pouco desenvolvido. O trabalho de Graziani et al. (1983), contendo dados sobre inclusões de esmeraldas da Zâmbia, aparece como uma das exceções nesse contexto apontando para uma direção que fatalmente terá que ser implementada no futuro.

A importância do estudo das inclusões reside basicamente no fato destas fornecerem informações valiosas sobre o ambiente de formação dos minerais ou gemas, ou sobre a história geológica subsequente dessas substâncias. Roedder (1982) aponta as seguintes informações fundamentais para o caso das gemas: entendimento do seu ambiente de formação; 2) identificação e reconhecimento da sua procedência; e 3) diferenciação de pedras naturais de pedras sintéticas. Na esmeralda muitas inclusões são distintivas e podem servir para identificar o depósito específico de sua formação.

Este artigo apresenta informações preliminares a respeito das inclusões da esmeralda da jazida de Itabira, localizada nas proximidades da cidade homônima, na região central de Minas Gerais. O estudo das inclusões foi realizado pela combinação simultânea de métodos ópticos e roentgenográficos. Entre as fases cristalinas foram identificadas um tipo de mica de natureza intermediária entre biotita e flogopita, quartzo e ralstonita. Foram observados também óxidos amorfos, inclusões fluidas de dimensões, formas e naturezas variáveis, além de fraturas, linhas de crescimento e zoneamentos de cor.

2 - A ESMERALDA DE ITABIRA

A jazida de esmeralda de Itabira está localizada a cerca de 13 km a sudeste da cidade de Itabira, Minas Gerais, em área ainda pouco estudada a nível de detalhe. Um quadro da geologia regional é mostrado no mapa da Figura 1 adaptada de Schorscher et al. (1982). Segundo Sauer (1982), a área da mina é caracterizada pela presença de xistos com intercalações decimétricas a métricas de rochas ultramáficas (biotita xistos e clorita xistos), alterados e encaixados em rochas gnáissicas. Veios de pegmatitos e de quartzo preenchem algumas fissuras e falhas das rochas ali existentes. A área mineralizada ocorre preferencialmente nas proximidades do contato entre o xisto intemperizado e as rochas gnáissicas estéreis. A formação da esmeralda está intimamente associada à interação química ocorrida entre a fase pegmatítica berilifera e as rochas máfica-ultramáficas portadoras dos elementos cromóforos.

A maior parte das esmeraldas de Itabira é encontrada sob a forma de fragmentos pequenos medindo, geralmente, entre 1 a 3 centímetros. Quanto ao hábito, os cristais são predominantemente subidiomórficos, sendo constituídos por um prisma hexagonal (1010) e pelo pinacóide basal (0001). Apresentam por vezes prismas grossos e bem alongados alcançando até cerca de 8 centímetros de comprimento. A clivagem basal é pobre e confere às terminações dos cristais um aspecto ligeiramente serri-

lhado. As cores predominantes são o verde ligeiramente azulado e o verde-grama, sendo menos freqüente o verde ligeiramente amarelado. Os índices de refração medidos pelo método de imersão correspondem aos valores de $nE = 1,581 (\pm 0,01)$ e $nW = 1,590 (\pm 0,01)$. A birrefringência resultante de 0,009 pode ser considerada alta para essa variedade de berilo. A transparência é classificada como semitransparente, podendo, às vezes, ser ligeiramente afetada pela presença de numerosas inclusões fluidas tubulares extremamente finas, dispostas paralelamente ao eixo c do cristal, imprimindo um aspecto algo aveludado ou leitoso à gema lapidada. Qualitativamente, as esmeraldas da jazida de Itabira notabilizam-se pelo fato de apresentarem uma percentagem consideravelmente alta de material gemológico de boa qualidade, quando comparadas com outros depósitos brasileiros tais como Carnaíba/Socotó (BA) e Santa Terezinha de Goiás (GO).

3 - AMOSTRAGEM E TÉCNICAS UTILIZADAS

O estudo das inclusões sólidas minerais da esmeralda de Itabira foi realizado a partir de um lote de cristais de qualidade gemológica inferior apresentando coloração fraca, além de defeitos e inclusões observáveis a olho nu. A coloração desse material varia de um verde azulado pálido até um verde amarelado também pálido. O diâmetro médio dos cristais está compreendido entre 3 a 5 milímetros. Cerca de 40% dos espécimes apresentaram inclusões escuras pontuais visíveis à vista desarmada.

As amostras de esmeralda, previamente lavadas e limpas em solução ácida, foram cuidadosamente observadas em lupa, microscópio gemaológico e petrográfico de aumentos variáveis, objetivando selecionar os cristais portadores de inclusões. As inclusões sólidas foram liberadas mediante a fragmentação dos cristais hospedeiros em um micromorteiro de aço, confeccionado especialmente para evitar efeitos de contaminação nas amostras.

Uma vez liberadas e caracterizadas ao microscópio óptico, as inclusões sólidas foram identificadas por difração de raios X empregando-se a técnica do método do pó (Azároff & Buerger 1958). Os diagramas foram obtidos difratando-se diretamente cada uma das inclusões em uma câmara de Gandolfi de 114,6 mm de diâmetro. Essa câmara imprime à amostra dois movimentos de rotação simultâneos permitindo dessa forma a obtenção de diagramas de pó a partir de monocrystalais de dimensões de até 10μ (Gandolfi 1969). Os diagramas de pó foram obtidos utilizando-se radiação CuKalfa, filtro de Ni, e condições variáveis dependendo da natureza das inclusões. As micas foram difratadas sob condições de 30 mA e 30kV, e as demais inclusões com 20 mA e 40 kV. O tempo de exposição aos raios X variou de 8 a 24 horas dependendo da forma e do tamanho de cada inclusão.

4 - AS INCLUSÕES CRISTALINAS DA ESMERALDA DE ITABIRA

O termo inclusão comprehende todas as irregularidades detectáveis opticamente no interior de um mineral ou gema, quer sejam sob a forma de cristais, tubos e cavidades preenchidas por líquidos e/ou gases, irregularidades estruturais, defeitos de fraturas e fendas de clivagem, e mesmo geminação (Gübelin 1974). As inclusões podem ser classificadas sob diversos pontos de vista. Com relação ao estado estrutural, elas são classificadas em cristalinas e fluidas. Do ponto de vista genético, são classificadas em protogenéticas, singenéticas e epigenéticas. As protogenéticas são aquelas originadas antes da formação do cristal hospedeiro,

as singenéticas são aquelas formadas contemporaneamente com o hospedeiro e as epigenéticas são aquelas desenvolvidas após a formação do hospedeiro.

Os minerais mais comuns associados à esmeralda sob a forma de inclusões sólidas cristalinas são micas diversas (muscovita, biotita, flogopita), anfibólios (tremolita, actinolita), carbonatos (dolomita, calcita), halita, talco, turmalina, epidoto, apatita, rutilo, espinélio, pirita, hematita, dentre outros (Sinkankas 1981, Webster 1983).

Com relação às inclusões fluidas, podemos dizer que estas representam amostras do fluido mineralizante a partir do qual o cristal se desenvolveu ou esteve em contato posteriormente (Roedder 1979).

Os primeiros dados obtidos a partir de estudos ópticos da esmeralda de Itabira utilizando-se microscópio gemológico são encontrados em Bastos (1981), Sauer (1982) e Schwarz & Mendes (1985). Todavia, estudos de determinação através da difração de raios X ou microssonda eletrônica não foram, até então, realizados.

Conforme Bastos (1981), as inclusões sólidas minerais dessa esmeralda são representadas por pontos escuros diminutos de mica preta (biotita), agulhas de tremolita em grande quantidade, orientadas perpendicularmente ao eixo c do cristal, e raramente pirita.

Sauer (1982) assinala igualmente a presença de palhetas de mica, pirita e tremolita raras. Acrescenta, entretanto, a existência de cristais de baixo relevo.

Schwarz & Mendes (1985) apontam como inclusão mineral mais freqüente a mica, onde destacam uma grande variação de cor, desde o marrom amarelado até o preto, e contornos arredondados ou irregulares. Como outras inclusões minerais, observam apenas a presença de cristais transparentes, praticamente incolores, não identificados.

Os estudos realizados neste trabalho revelaram que a esmeralda de Itabira contém relativamente poucas inclusões sólidas. Entre os minerais foram identificados apenas mica, quartzo e ralstonita, além de óxidos e hidróxidos amorfos de coloração variável entre castanho a preto. Com relação aos dados divulgados anteriormente na literatura, os nossos resultados não confirmaram as afirmações de Bastos (1981) e Sauer (1982) relativas à presença de tremolita nessas esmeraldas.

4.1 - Mica (biotita/flogopita): é a inclusão mais freqüente da esmeralda de Itabira, aparecendo em 80% dos cristais estudados. A sua coloração varia desde o castanho pálido até tonalidades quase negras. Tonalidades do castanho ligeiramente esverdeado foram também observadas com relativa freqüência. As dimensões mais comuns das placas ou palhetas estão compreendidas entre 0,2 a 1,0 mm. O hábito é tipicamente placoidal, apresentando dois tipos distintos de contornos dependendo da natureza genética da mica. Em um deles os cristais mostram-se nitidamente arredondados ou ligeiramente alongados, sendo limitados por perfis geralmente suaves e mais raramente irregulares (Fotomicrografias 1, 2 e 3). Esses cristais em geral não mostram orientação preferencial em relação ao hospedeiro, podendo ser portanto classificados temporalmente como protogenéticos. No outro tipo de perfil os cristais são euédricos exibindo contornos ligeiramente rômbicos ou hexagonais (Fotomicrografias 2 e 4). Esses cristais euédricos distribuem-se perpendicularmente à direção do eixo c da esmeralda (Fotomicrografias 2 e 4). Essa disposição orientada sugere uma classificação temporal singenética para essas micas. A Fotomicrografia 2 mostra de forma nítida esses dois tipos de mica. O tipo singenético pode

ser visto sob a forma de placas perfeitamente idiomorfas, paralelas entre si e a direção (0001) do berilo. O tipo protogenético, por sua vez, aparece sob a forma de uma placa subédrica de dimensões bem maiores localizada em um nível inferior em relação às micas singenéticas, mostrando borda de reação em um dos seus lados.

Observadas ao microscópio óptico, as micas exibem pleocroismo característico acentuado constituindo esse comportamento um dos critérios úteis na identificação dessas inclusões. Destacadas do hospedeiro e observadas em montagens ópticas, as micas apresentam comportamento biaxial negativo e ângulo 2V variando entre 2 a 5°.

A identificação da mica foi efetuada por meio de difração de raios X na câmara de Gandolfi. O diagrama de pó correspondente está apresentado na Figura 2A onde aparecem as reflexões situadas no intervalo 0-90°. Dos vários diagramas de pó obtidos nesse trabalho considerou-se o da inclusão JL-14A como o mais representativo tendo em vista a inexistência de raias pontilhadas, maior nitidez e um maior número de reflexões. A Tabela 1 mostra as reflexões do diagrama obtido estimadas visualmente, comparado com os diagramas da biotita e da flogopita do sistema JCPDS. Observam-se que as reflexões da amostra estudada coincidem simultaneamente com as reflexões da biotita e da flogopita, tornando praticamente impossível a distinção entre esses dois tipos de mica. Como se pode observar pela Tabela 2, todas as reflexões da inclusão possuem correspondente entre a biotita e/ou flogopita. Apenas as reflexões 5,02 (7), 4,55 (5), 3,39 (20) e 1,99 (7) da flogopita, e 1,47 (20) e 1,43 (20) da biotita não aparecem no diagrama da inclusão. Essa ausência pode ser explicada pelas condições experimentais utilizadas neste trabalho onde os diagramas são obtidos a partir de um cristal único. Há também uma pequena diferença entre as reflexões 2,62 (100) da inclusão com o valor 2,66 (80) da biotita, diferença que pode ser relacionada também a erros experimentais, nesse caso provavelmente de leitura. Observou-se também uma ligeira excentricidade nas reflexões de baixo ângulo, devidas possivelmente à forma delgada das palhetas de mica. Além da biotita e da flogopita, foram também observadas certas semelhanças roentgenográficas da flogopita (flúor-1M), zinvaldita e siderofilita com a amostra estudada.

4.2 - Quartzo: o quartzo foi observado como uma inclusão cristalina pouco freqüente na esmeralda de Itabira. Apresenta-se bem cristalizado, com hábito prismático ligeiramente alongado, com dimensões de cerca de 300 μ e sem orientação preferencial. Ao microscópio óptico, exibe transparência perfeita, ausência de coloração e caráter uniaxial(+) bem definido. A identificação foi realizada também na câmara de Gandolfi, e a Figura 2B ilustra o respectivo diagrama de raios X, onde estão presentes as raias mais intensas do quartzo. A Tabela 2 mostra as reflexões da inclusão comparadas com o diagrama do quartzo do sistema JCPDS revelando uma perfeita identidade entre os dois diagramas.

4.3 - Ralstonita: esse mineral pouco conhecido, foi identificado como uma das possíveis inclusões da esmeralda de Itabira. A única amostra isolada foi estudada cuidadosamente ao microscópio onde revelou coloração branca ligeiramente amarelada, hábito subédrico de seção aproximadamente quadrangular, e comportamento isótropo com certas anomalias ópticas. Foram observadas impregnações na forma de agregados pulverulentos que podem corresponder a substâncias epigenéticas. Esse fato dificultou sobremaneira a identificação precisa dessa inclusão. O diagrama de pó obtido está apresentado na Figura 2C, e as reflexões correspondentes

estão contidas na Tabela 3 juntamente com o diagrama de uma ralstonita de Ivigtut, Groenlândia (Pauli 1965). Devido à raridade dessa inclusão e às dificuldades analíticas encontradas em sua identificação, estão previstos estudos químicos complementares para esclarecer a composição desse material.

5 - OUTRAS INCLUSÕES

Além das inclusões cristalinas já descritas, observamos também materiais secundários na forma de inclusões epigenéticas, diversos tipos de inclusões fluidas, além de estruturas tais como fraturas, zoneamentos, etc.

As inclusões epigenéticas são representadas por óxidos amorfos de coloração acastanhada a negra, apresentando aspectos predominantemente irregulares, preenchendo o interior de cavidades ou fissuras não cicatrizadas.

Fraturas cicatrizadas exibindo padrões irregulares de distribuição estão presentes contendo preenchimentos de inclusões fluidas, geralmente bifásicas do tipo líquido-líquido, ou então, líquido-gás. Observaram-se também algumas fraturas não cicatrizadas (sem preenchimento) de formas irregulares.

As inclusões fluidas constituem um dos aspectos microscópicos mais interessantes nas amostras estudadas. Ocorrem principalmente na forma de tubos extremamente finos, orientados na direção do eixo cristalográfico c da esmeralda, tal como está ilustrado nas Fotomicrografias 5, 6 e 7. O preenchimento é representado por uma multiplicidade considerável de fases, podendo ocorrer uma, duas, três ou mais fases líquidas distintas (Fotomicrografia 3), além de bolhas de gás. As inclusões fluidas ocorrem também segundo cavidades equidimensionais predominantemente quadráticas e retangulares, de que são ótimos exemplos as Fotomicrografias 6, 7 e 8, nas quais predominam inclusões trifásicas.

Zoneamentos de cor (Fotomicrografia 1), e linhas de crescimento poligonais, exibindo duas ou três direções de desenvolvimento, aparecem em alguns cristais.

6 - CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os dados obtidos neste trabalho mostram que a inclusão mais freqüente na esmeralda de Itabira é uma mica de comportamento roentgenográfico intermediário entre a biotita e a flogopita, que ocorre sob a forma de placas dispostas perpendicularmente à direção do eixo c da esmeralda (mica singenética), ou então sob a forma de placas irregulares subédricas ligeiramente arredondadas distribuídas aleatoriamente no interior do berilo (mica protogenética). Quartzo e ralstonita foram também identificados sob a forma de inclusões provavelmente protogenéticas ou singenéticas, cuja freqüência aparentemente é rara nos dois casos.

Inclusões fluidas na forma de tubos ou de cavidades geométricas constituem outra feição notável dessa esmeralda. As inclusões tubulares dispõem-se preferencialmente segundo o eixo c do berilo, contendo preenchimentos polifásicos representados por líquidos e/ou gases, o mesmo ocorrendo com as demais cavidades.

Em linhas gerais, as informações obtidas neste trabalho concordam com os dados existentes na literatura referentes a esmeraldas do Brasil (Schwarz 1984) e de outras localidades (Gübelin 1974, Sinkankas

1981). Em todos esses trabalhos constata-se que a inclusão mais freqüente é sempre uma mica escura (biotita/flogopita), que no esquema relativo à gênese da esmeralda, representa o componente básico-ultrabásico do processo. O componente pegmatítico, por sua vez, é representado por fases próprias de estágios finais de consolidação tais como quartzo, feldspato e fluorita e outros minerais mais raros.

7 - AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem o Sr. Ronaldo Fonseca Ribeiro da empresa Belmont Gemas Ltda pela cessão das amostras utilizadas nessa pesquisa. Um dos autores (J.L.S.) agradece o PICD/CAPES pelo suporte financeiro recebido através de Bolsas de Mestrado, bem como à Universidade Federal de Ouro Preto pela liberação deste autor para a realização de estudos em Pós-Graduação no IG-USP.

8 - BIBLIOGRAFIA

- AZÁROFF, L.V. & BUERGER, M.J. - 1958 - The powder method in X-ray crystallography. New York, McGraw-Hill Book Company, 342p.
- BASTOS, F.M. - 1981 - Emeralds from Itabira, Minas Gerais, Brazil. *Lapidary Journal*, 35(9): 1842-1848.
- GANDOLFI, G. - 1969 - Catálogo da officina elettrotecnica di Tenno, Trento, Itália, 8p.
- GRAZIANI, G.; GUBELIN, E.J.; LUCCHESI, S. - 1983 - The genesis of an emerald from the Kitwe District, Zambia. *N. Jb. Miner., Mh.*, 12(4): 175-186.
- GUBELIN, E.J. - 1974 - Internal World of Gemstones. Zurich, ABC Edition, 234p.
- PAULI, H. - 1965 - Ralstonite from Ivigtut, Greenland. *Amer. Mineral.*, 50: 1851-1864.
- ROEDDER, E. - 1979 - Fluid inclusions as samples of ore fluids. In: BARNER, H.L. (ed.), *Geochemistry of Ore Deposits*. New York, Wiley (2nd ed.), p.684-737.
- ROEDDER, E. - 1982 - Fluid inclusions in gemstones: valuable desfects. In: *International Gemological Symposium, Proceedings*. Santa Monica, Calif., p.479-502.
- SAUER, D.A. - 1982 - Emeralds from Brazil. In: *International Gemological Symposium, Proceedings*. Santa Monica, Calif., p.357-377.
- SCHORSCHER, H.D.; SANTANA, F.C.; POLONIA, J.C.; MOREIRA, J.M.P. - 1982 - Quadrilátero Ferrífero - Minas Gerais State: Rio das velhas greenstone belt and proterozoic rocks. *Excursions Anex*, ISAP, 44p.
- SCHWARZ, D. - 1984 - Inclusões em esmeraldas. *Rev. Esc. Minas de Ouro Preto*, 37(3-4): 25-34; 12-21.
- SCHWARZ, D. & MENDES, J.C. - 1985 - Estudo comparativo das inclusões nas esmeraldas de Itabira, Minas Gerais e Santa Terezinha de Goiás. In: *SIMP. GEOL. MINAS GERAIS*, 3, Belo Horizonte, MG, Bol. Nº 5, p.154-164.
- SINKANKAS, J. - 1981 - Emerald and Other Beryls. Radnor, PA, Chilton Book Co., 665p.
- SVISERO, D.P. - 1984 - Inclusões de diamantes naturais. Uma revisão. In: *CONGR. BRAS. GEOL.*, 33, Rio de Janeiro, RJ, Anais, 10: 4954-4967.
- WEBSTER, R. - 1983 - *Gems: their sources, descriptions and identification*. London, Butterworths (4th ed.), 1006p.

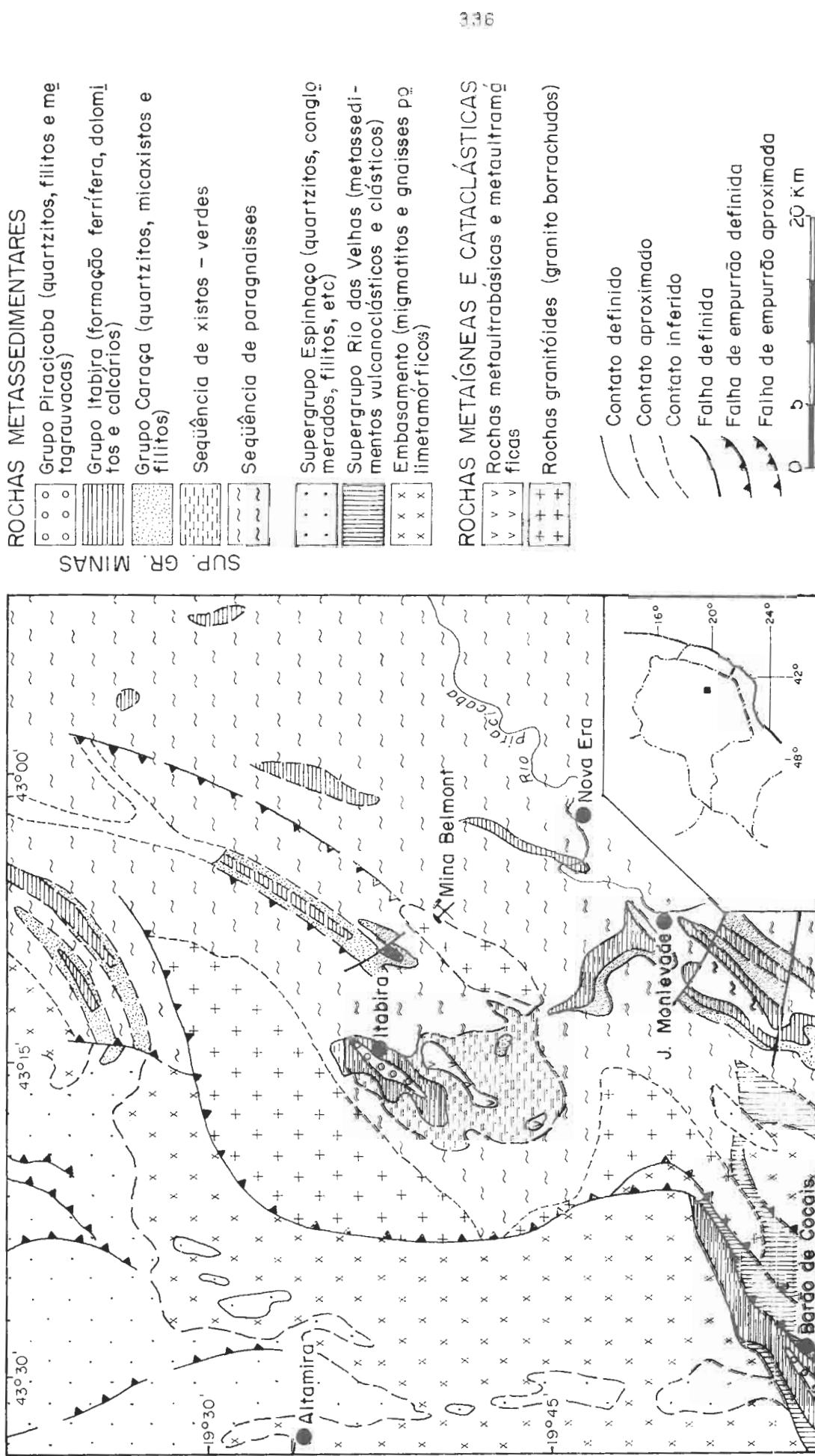


Fig. 1 - MAPA GEOLÓGICO DA REGIÃO DA JAZIDA DE ESMERALDA DE ITABIRA, MG
(adaptado de Schorsher et al. 1982)

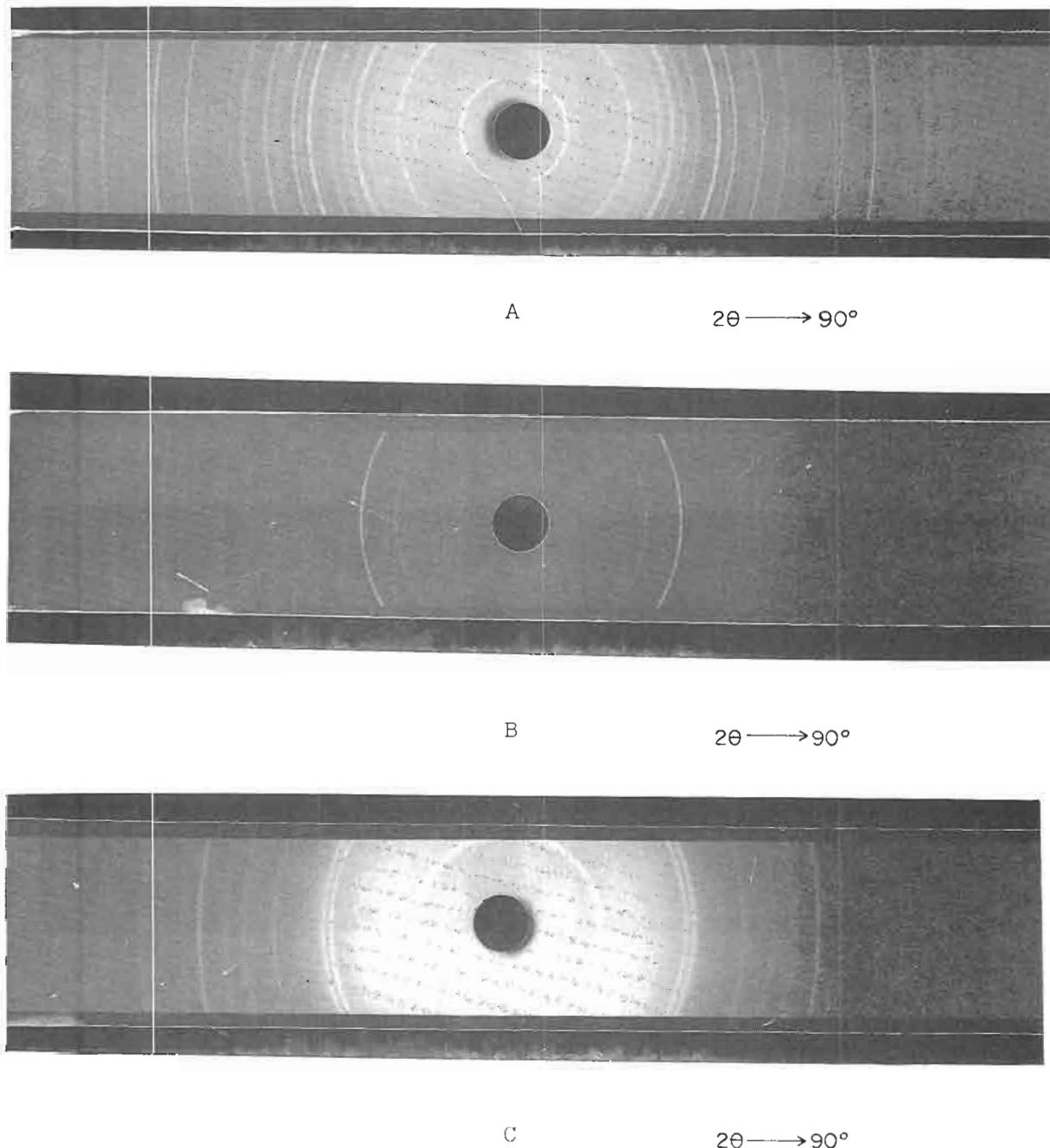
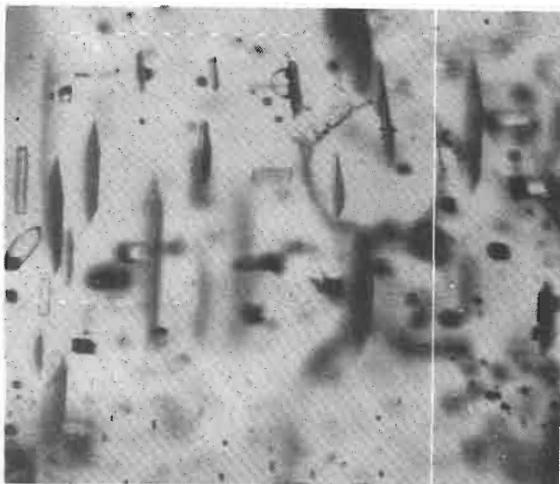


Figura 2 - Diagramas de pó de minerais inclusos na esmeralda de Itabira, Minas Gerais, obtidos em câmara de Gandolfi de 114,6 mm de diâmetro, com radiação $\text{CuK}\alpha = 1,5418\text{\AA}$. A) Mica (biotita/flogopita, B) Quartzo, C) Ralstonita.



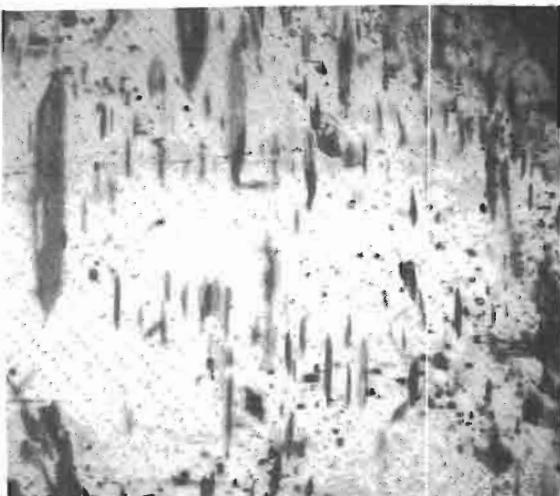
1) 25X



2) 65X



3) 100X

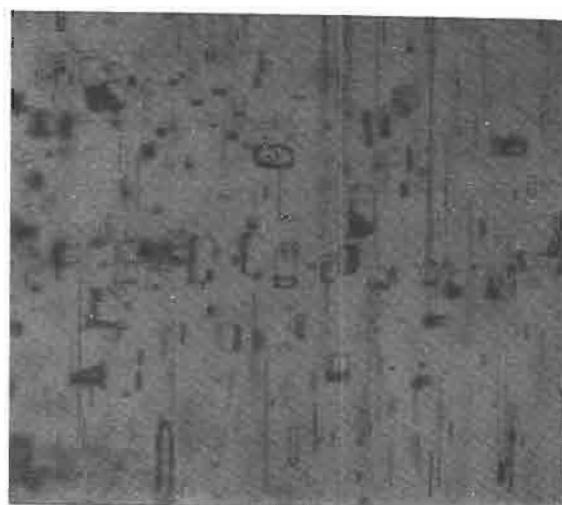


4) 25X

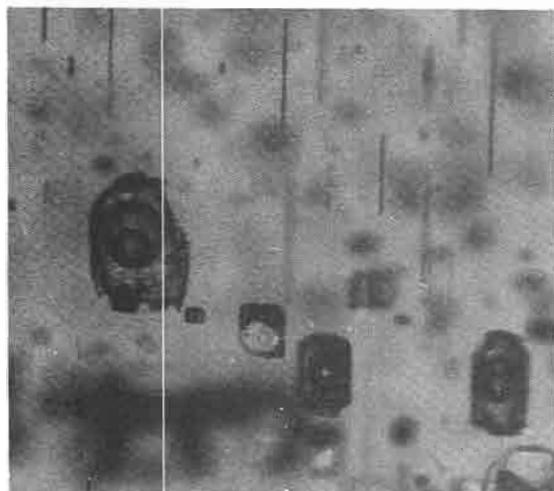
Fotomicrografias 1-4: Inclusões sólidas e fluidas observadas na esmeralda de Itabira, Minas Gerais. 1) Cristal de mica (biotita/flogopita) protogenética, subédrica e de contorno arredondado, localizado no setor NW da foto. Observam-se canalículos orientados segundo o eixo c e zoneamento de cor à esquerda; 2) Micas (biotita/flogopita) singenéticas, idiomorfas, orientadas paralelamente ao plano basal da esmeralda. Observa-se também uma mica protogenética situada em um nível inferior em relação às micas singenéticas; 3) Mica (biotita/flogopita) protogenética à esquerda e canalículos retangulares polifásicos; 4) Enxame de micas (biotita/flogopita) singenéticas destacando-se a variação das dimensões dos cristais.



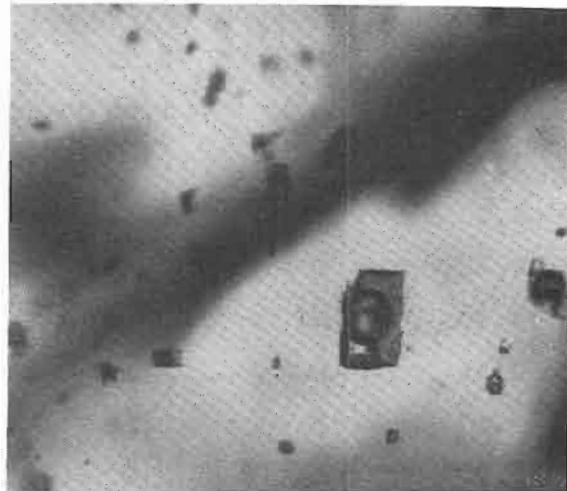
5) 25X



6) 65X



7) 100X



8) 100X

Fotomicrografias 5-8: Inclusões fluidas observadas na esmeralda de Itabira, Minas Gerais. 5) Vista geral dos canalículos orientados paralelamente ao eixo cristalográfico c da esmeralda; Canalículos paralelos ao eixo c da esmeralda e faixas (cordões) com inúmeras cavidades retangulares e/ou quadráticas com preenchimentos geralmente trifásicos; 7) Cavidades retangulares com preenchimentos trifásicos des tacando-se a diferença de relevo entre as fases, com alguns canalículos segundo o eixo c ao fundo; 8) Cavidade trifásica retangular sugerindo tratar-se de cristal negativo.

Tabela 1 - Diagrama de pó da inclusão de mica da esmeralda de Itabira, comparado com outras micas do fichário JCPDS.

| INCLUSÃO (JL-14A) | | BIOTITA* | | FLOGOPITA (1M)** | | (hkl) |
|-------------------|------------------|----------|------------------|------------------|------------------|-------|
| d(Å) | I/I ₀ | d(Å) | I/I ₀ | d(Å) | I/I ₀ | |
| 10,04 | 90 | 10,1 | 100 | 9,94 | 100 | 001 |
| - | - | - | - | 5,02 | 7 | 002 |
| 4,60 | 80 | | | 4,58 | 7 | 020 |
| - | - | 4,59 | 20 | 4,55 | 5 | 110 |
| 3,92 | 10 | - | - | 3,92 | 3 | 111 |
| 3,68 | 15 | - | - | 3,65 | 7 | 112 |
| - | - | - | - | 3,39 | 20 | 022 |
| 3,35 | 90 | 3,37 | 100 | 3,34 | 100 | 003 |
| 3,15 | 50 | 3,16 | 20 | 3,14 | 10 | 112 |
| 2,92 | 30 | 2,92 | 20 | 2,91 | 7 | 113 |
| - | - | 2,66 | 80 | 2,64 | 7 | 130 |
| 2,62 | 100 | - | - | 2,62 | 30 | 200 |
| 2,52 | 15 | 2,52 | 40 | 2,51 | 15 | 004 |
| 2,43 | 80 | 2,45 | 80 | 2,42 | 15 | 201 |
| 2,30 | 10 | - | - | 2,29 | 3 | 221 |
| 2,26 | 10 | 2,28 | 20 | 2,26 | ? | 132 |
| 2,17 | 70 | 2,18 | 80 | 2,16 | 15 | 202 |
| 2,00 | 60 | 2,00 | 80 | 2,01 | 30 | 005 |
| - | - | - | - | 1,99 | 7 | 204 |
| 1,91 | 10 | 1,91 | 20 | 1,90 | 3 | 203 |
| 1,67 | 70 | 1,67 | 80 | 1,67 | 15 | 204 |
| 1,54 | 100 | 1,54 | 80 | 1,53 | 15 | 060 |
| 1,51 | 15 | - | - | 1,51 | 3 | 330 |
| - | - | 1,47 | 20 | - | - | - |
| - | - | 1,43 | 20 | - | - | - |
| 1,36 | 50 | 1,36 | 60 | - | - | - |
| 1,32 | 10 | 1,33 | 40 | - | - | - |
| 1,31 | 10 | 1,31 | 40 | - | - | - |

* JCPDS Nº 2-0045

** JCPDS Nº 10-495

Tabela 2 - Diagrama de pó da inclusão de quartzo da esmeralda de Itabira, comparado com o diagrama de quartzo do sistema JCPDS.

| INCLUSÃO (JL-18A) | | QUARTZO* | | (hkl) |
|-------------------|------------------|----------|------------------|-------|
| d(Å) | I/I ₀ | d(Å) | I/I ₀ | |
| 4,24 | 50 | 4,26 | 35 | 100 |
| 3,34 | 100 | 3,34 | 100 | 101 |
| 2,45 | 20 | 2,45 | 12 | 110 |
| 2,28 | 15 | 2,28 | 12 | 102 |
| 2,23 | 10 | 2,23 | 6 | 111 |
| 2,12 | 20 | 2,12 | 9 | 200 |
| 1,97 | 10 | 1,98 | 6 | 201 |
| 1,81 | 30 | 1,81 | 17 | 112 |
| 1,66 | 10 | 1,67 | 7 | 202 |
| 1,53 | 35 | 1,54 | 15 | 211 |
| 1,37 | 10 | 1,38 | 7 | 212 |
| 1,37 | 15 | 1,37 | 11 | 203 |
| - | - | 1,37 | 9 | 301 |
| 1,28 | 10 | 1,28 | 3 | 104 |
| 1,25 | 10 | 1,25 | 4 | 302 |
| 1,22 | 10 | 1,22 | 2 | 220 |
| 1,19 | 10 | 1,19 | 5 | 213 |
| 1,17 | 10 | 1,18 | 4 | 310 |
| 1,14 | 10 | 1,15 | 2 | 311 |
| 1,08 | 10 | 1,08 | 4 | 312 |

* JCPDS Nº 5-0490

Tabela 3 - Diagrama de pó da inclusão de ralstonita da esme
ralda de Itabira, comparado com o diagrama de ralstonita de
Ivigtut, Groenlândia.

| INCLUSÃO (JL-26B) | | RALSTONITA* | | (hkl.) |
|-------------------|------------------|-------------|------------------|--------|
| d(Å) | I/I ₀ | d(Å) | I/I ₀ | |
| 5,74 | 100 | 5,74 | 100 | 111 |
| 4,95 | 5 | 4,98 | 15 | 200 |
| 3,53 | 5 | - | - | - |
| 3,01 | 70 | 3,01 | 55 | 311 |
| 2,89 | 70 | 2,88 | 75 | 222 |
| - | - | 2,49 | 15 | 400 |
| 2,30 | 30 | 2,29 | 30 | 331 |
| 2,05 | 20 | 2,04 | 30 | 422 |
| 1,92 | 15 | 1,92 | 40 | 511 |
| 1,77 | 80 | 1,76 | 85 | 440 |
| 1,68 | 5 | 1,68 | 10 | 531 |
| - | - | 1,58 | 15 | 620 |
| 1,51 | 10 | 1,52 | 15 | 533 |
| - | - | 1,50 | 40 | 622 |
| 1,39 | 5 | 1,40 | 25 | 711 |

* PAULI (1965)