

# **O DIAMANTE DAS REGIÕES CENTROLESTE DE MATO GROSSO E SUDOESTE DE GOIÁS PARTE III: INCLUSÕES MINERAIS (\*)**

**DARCY PEDRO SVISERO**

Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo

## **ABSTRACT**

In chapters I and II of this article we have discussed morphological, physical and chemical properties of diamonds from central east Mato Grosso and southwest Goiás. This concluding chapter deals with mineral inclusions which include olivine, pyroxene, garnet, chromite and diamond.

## **INTRODUÇÃO**

Nos dois artigos anteriores foram abordadas as propriedades morfológicas, físicas e químicas de diamantes aluvionares procedentes dos estados de Mato Grosso e Goiás. Completando esse trabalho, são discutidas algumas inclusões minerais e sua importância no conhecimento da gênese do diamante.

As primeiras referências a inclusões em diamantes surgiram no século passado, e foram ampliadas nos anos que

se seguiram as descobertas dos fabulosos kimberlitos africanos. Em seu trabalho clássico de 1932, Williams sistematizou todos os dados até então conhecidos mencionando como possíveis inclusões os seguintes minerais: corindom, quartzo, ouro, calcita, pirita, diopsídio, diamante, magnetita, granada, olivina, grafita, cromita, picotita, ilmenita e mica.

Em 1952, Gubelin adicionou aos minerais acima mencionados enstatita, zircão e hematita. Esses resultados estavam apoiados fundamentalmente em observações microscópicas. Entretanto, as dimensões reduzidas das inclusões nem sempre permitiam uma determinação precisa da natureza destes minerais.

Procurando contornar essa limitação, Mitchell e Giardini (1953) aplicaram a difração de raios X ao estudo das inclusões. Trabalhando com o método de Weissenberg, esses

---

(\*) Pesquisa patrocinada pela Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP).



autores notaram relações de paralelismo entre certas reflexões no diagrama de raios X, indicando que a olivina cresce epitaxialmente com o diamante. Pesquisas posteriores comprovaram que em geral, o plano (010) da olivina é paralelo ao plano (111) do diamante (Futergendler et. al. (1961).

No início de 1950 foram descobertos inúmeros kimberlitos diamantíferos na Plataforma Siberiana, que logo se revelaram tão ricos quanto os africanos. Imediatamente, diversos autores russos passaram a estudar os diamantes recém descobertos, resultando importantes contribuições ao conhecimento das inclusões.

Utilizando difração de raios X, Futergendler (1958 e 1960) identificou olivina, cromoespinélio, diopsídio, diamante e piropo. Orlov (1959) descreveu grafita, serpentina e uma forma de hidróxido de ferro não identificada. Pouco depois, Gnevushev et. al. (1963) descrevem olivina, granada, rutilo, brookita e magnetita.

Ainda por meio de difração de raios X, Milledge (1961) identificou coesita, e Sharp (1966) diversos sulfetos incluindo pirrotita, pentlandita e pirlita.

O emprego de raios X ao estudo das inclusões do diamante teve duas consequências importantes: reduziu consideravelmente o número de minerais antes mencionados como inclusões, e mostrou que algumas inclusões se repetiam

independentemente da procedência geográfica.

Em 1968 Harris efetuou um estudo amplo com diamantes de diversos locais da África do Sul, Serra Leoa e Ghana. Harris dividiu as inclusões em dois grupos distintos: singenéticas e epigenéticas. As singenéticas são contemporâneas à formação do diamante e incluem olivina, enstatita, granada, rutilo, diopsídio, coesita, ilmenita, cromoespinélio e o próprio diamante. Inclusões epigenéticas são posteriores a formação do diamante, e podem abranger minerais de natureza as mais diversas. Harris mencionou como epigenéticos o quartzo, goethita, grafita, pirrotita, pentlandita, pirlita, muscovita, calcita, hematita, caulinita, sellaita e xenotima.

Ultimamente, diversos autores têm se dedicado ao estudo da composição química das inclusões singenéticas. Dados deste tipo podem ser encontrados em Sobolev (1969, 1970), Meyer e Boyd (1969, 1970, 1972), Meyer e Svisero (1973) e em Prinz et. al. (1973).

No Brasil, esses trabalhos encontram-se em fase de elaboração. Leite (1969) descreveu olivina, granada, cromoespinélio, diamante e pentlandita em diamantes do Triângulo Mineiro. Svisero (1971) obteve resultados semelhantes com amostras do Alto Araguaia, descrevendo olivina, piroxênio, granada e diamante. Mais recentemente, Meyer



e Svisero (1973) analisaram a composição química de inclusões de diversos locais do Brasil.

### INCLUSÕES SINGENÉTICAS

São as mais importantes do ponto de vista genético, pois incluem minerais formados simultaneamente com o diamante. Em geral, as dimensões destes minerais são submicroscópicas, variando entre 1 a 0,01 mm. Esse fato dificulta a distinção entre algumas inclusões, especialmente quando as propriedades são semelhantes como no caso de alvina e ensatita. O único método possível de distinguir essas duas inclusões é a difração de raios X.

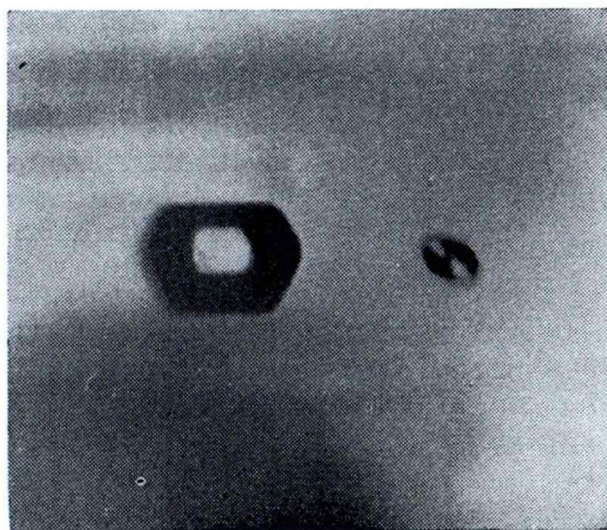
As inclusões identificadas neste trabalho são descritas a seguir, e incluem olivina, ens-

tatita, granada, cromita e diamante.

### OLIVINA

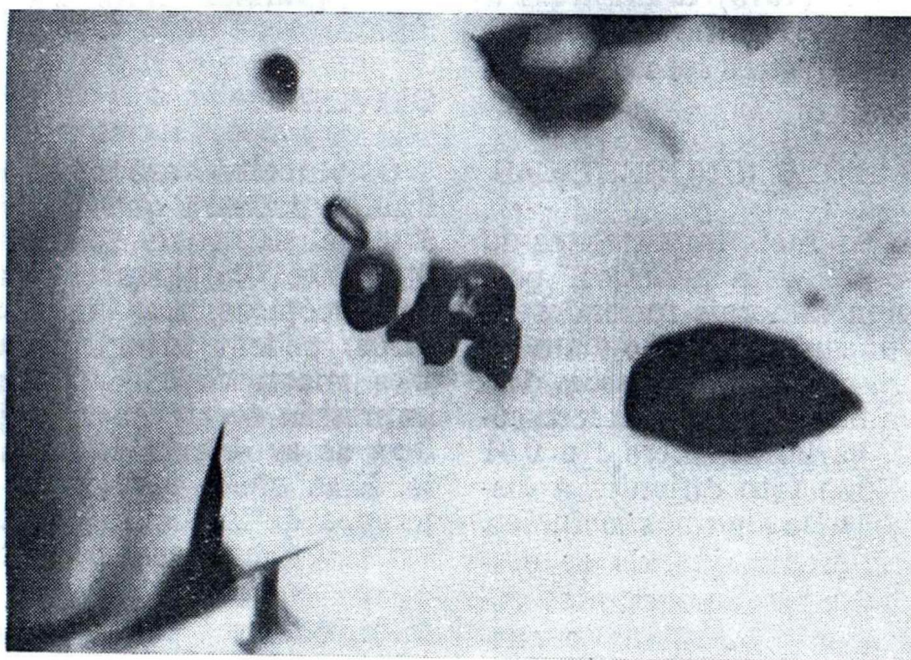
Os trabalhos até agora realizados indicam que a olivina é a inclusão mais comum no diamante. Em geral são submicroscópicas, mas em alguns casos, podem atingir dimensões macroscópicas dando a impressão de tratar-se de bolhas de ar dentro do diamante. Esse efeito resulta da diferença de índices de refração entre o diamante ( $n=2,42$ ) e a olivina ( $\beta=1,67$ ),

Ao microscópio, os cristais de olivina apresentam-se quase sempre idiomorfos. O hábito mais frequente é o prismático, mas ocorrem também indivíduos globulares ou em forma de gota (Fotomicrografias 1 e 2).



Fotomicrografia 1 — Inclusão de olivina de hábito prismático, mostrando secção pseudo-hexagonal. 64x.





Fotomicrografia 2 — Grupo de inclusões de olivina de hábitos variados. 80x.

Em nicois cruzados, a olivina apresenta-se circundada por hipérboles anômalas provocadas por tensões, uma vez que a inclusão e o hospedeiro possuem diferentes coeficientes de expansão. Esse comportamento não é exclusivo da olivina, tendo sido observado nas demais inclusões. De um modo geral, birrefringência em torno das inclusões, juntamente com o idiomorfismo destes minerais, e o fato de constituírem associações epitaxiais com o diamante, são evidências do caráter singenético dos mesmos.

## PIROXÊNIO

Até o presente momento, foram identificadas entre as in-

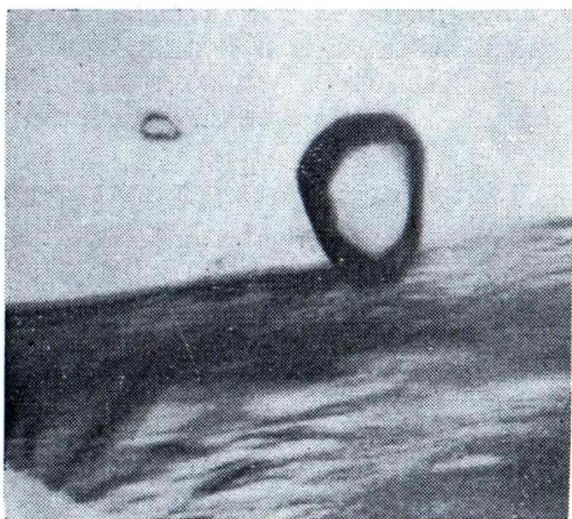
clusões do diamante, apenas dois minerais do grupo dos piroxênios: enstatita e diopsídio. Segundo Meyer e Boyd (1972), ambos são raros entre os diamantes africanos. Meyer e Svisero (1973), trabalhando com diamantes de diversas localidades brasileiras notaram que a enstatita é uma inclusão frequente, quase tão frequente como a granada. Esses autores concluíram também, que o diopsídio é uma das mais raras inclusões do diamante.

As inclusões de enstatita são extremamente semelhantes as de olivina, sendo impossível distinguí-las por ensaios ópticos. Ambas são incolores, em geral prismáticas, podendo inclusive ocorrer no



mesmo diamante. A fotomicrografia 3 mostra uma inclusão de enstatita de hábito

prismático, completamente semelhante as olivinas das fotomicrografias 1 e 2.



**Fotomicrografia 3 — Inclusão de enstatita com hábito prismático 60x.**

Segundo Williams (1932), Harris (1968) e Sobolev et al. (1970), as inclusões de diopsídio exibem cor verde esmeralda intensa, e desenvolvem cristais idiomorfos de hábito prismático. A cor característica, diferente de todas as demais inclusões, facilita em princípio, a procura desta inclusão entre os diamantes. Infelizmente, nunca observamos esse mineral entre os diamantes por nós estudados.

## GRANADA

Ao que tudo indica, a granada é a inclusão mais comum depois da olivina. Ocorrem dois tipos principais: uma variedade vermelha (pi-

ropo), e outra bem mais rara de cor mel (almandita).

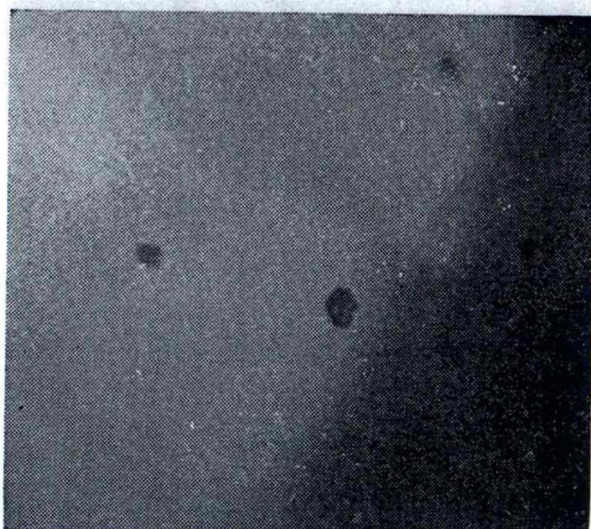
As granadas, da mesma forma que o diopsídio, podem ser identificadas com facilidade, devido a cor característica e constante. Quando as dimensões são favoráveis, um simples exame de lupa permite reconhecer pontos vermelhos ou cor de mel no interior do diamante, indicando tratar-se de piropo e almandita respectivamente.

Além da cor, o comportamento monorrefringente entre nícois cruzados e o idiomorfismo dos cristais, são aspectos que auxiliam o seu reconhe-

cimento. A fotomicrografia 4 mostra um grupo de três piropos onde se pode notar o hábito icositetraédrico bem definido do cristal em foco. Os demais estão ligeiramente desfocalizados por situarem-se em níveis diferentes dentro do diamante.

## CROMITA

Inclusão rara, geralmente sem forma definida, fato já observado por Harris em 1968. A cromita da fotomicrografia 5 é alongada, e está associada com um cristal de olivina de faces abauladas.



**Fotomicrografia 4 — Inclusões de granada (piropo) de hábito icositetraédrico. 80x.**



**Fotomicrografia 5 — Inclusão de cromita alongada ao lado de olivina. 60x.**



A cromita exibe cor escura com tons avermelhados, podendo em princípio confundir-se com inclusões de piropo. Embora a granada piropo seja mais transparente e em geral, sempre bem formada, uma distinção definitiva só é possível por meio de raios X.

## DIAMANTE

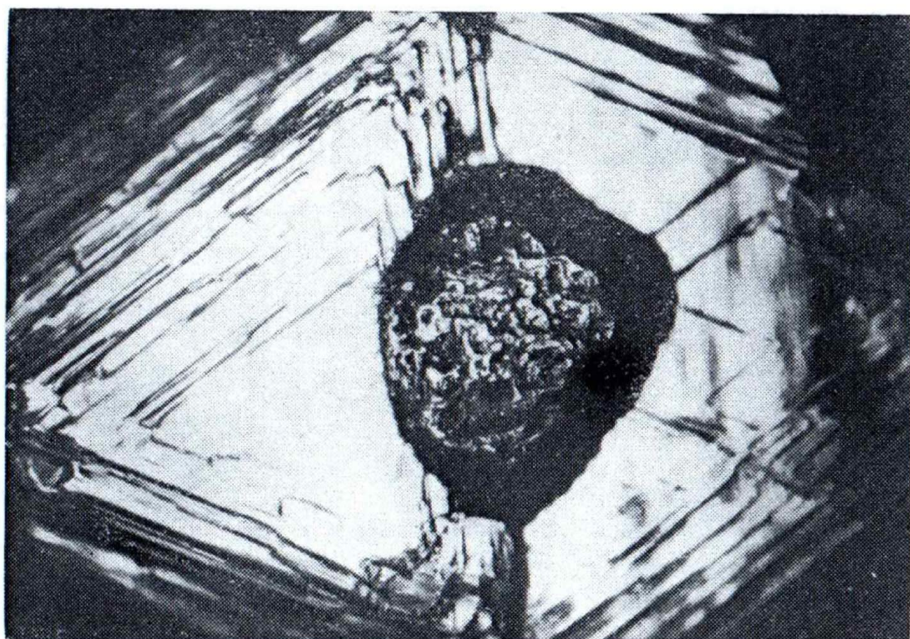
Inclusões de diamante no próprio diamante são comuns, e desde Williams (1932), diversos autores têm feito referência a esse tipo de associação.

Diferenças de cor, forma ou textura superficial facilitam o reconhecimento do diamante incluso. Quando esses aspectos estão ausentes, o único meio

é a difração de raios X. As dimensões são variáveis, mas em geral maiores que os demais tipos de inclusão. Eventualmente, o diamante incluso pode atingir dimensões excepcionais como está ilustrado na fotomicrografia 6. Observa-se nitidamente que o diamante englobado é mais escuro e repleto de cavidades, enquanto o hospedeiro apresenta faces planas e hábito tabular.

## INCLUSÕES NEGRAS

Manchas negras, de dimensões e formas variadas, popularmente denominadas carvão, constituem um aspecto comum em quase todos os diamantes. Em alguns casos cor-



Fotomicrografia 6 — Diamante escuro e corroído englobado por outro diamante transparente de faces planas. 10x.



respondem a minerais podendo tratar-se de cromita, ilmenita, pirrotita ou pentlandita. Entretanto, na maior parte dos casos são apenas clivagens internas do diamante enegrecidas por fenômenos ópticos de reflexão total.

Observações microscópicas cuidadosas têm mostrado, que em alguns casos, modificando-se a posição do diamante durante o exame, a intensidade da cor negra diminui chegando mesmo a desaparecer. A fotomicrografia 7 mostra uma região densamente enegrecida por esse tipo de fenômeno, sugerindo a primeira vista tratar-se de minerais opacos. Observando-se a mesma região em aumento maior (fotomicrografia 8), torna-se evidente as relações de paralelis-

mo e o caráter difuso das bordas dessas áreas negras, indicando tratar-se apenas de clivagens internas.

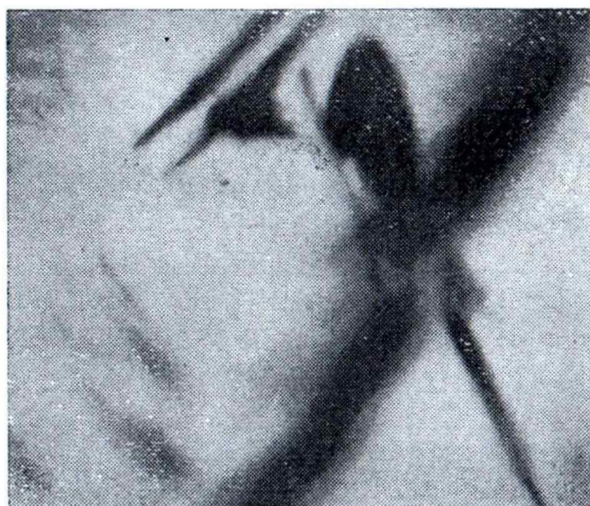
### INCLUSÕES EPIGENÉTICAS

Reunem minerais formados posteriormente ao diamante, e conseqüentemente, nada informam sobre a gênese deste mineral. Durante esse trabalho tivemos oportunidade de observar em inúmeros diamantes, cavidades ou superfícies de clivagens preenchidas com material secundário de coloração marrom, amarela, vermelha, verde etc. Além de quartzo, a fase mais comum, foram identificados calcedônia, rutilo, turmalina, monazita, micas, argilas e hidróxidos de ferro. Todos esses mi-



**Fotomicrografia 7 — Diamante com manchas escuras (carvões) de formas irregulares, lineares, placoidais etc. 20x.**





**Fotomicrografia 8 — Placas escuras orientadas. 50x.**

nerais apresentam-se arredondados ou quebrados, feições herdadas durante o transporte antes de se alojarem nas cavidades do diamante.

## CONCLUSÕES

Análise por microscopia óptica e difração de raios X mostraram que alguns diamantes dos estados de Mato Grosso e Goiás, possuem inclusões de olivina, piroxênio, granada, cromita e diamante. Esta paragênese é semelhante a

observada por diversos autores em diamantes da África do Sul, Venezuela, Gana, Urais, Sibéria, etc., e indica que a origem do diamante no Brasil, da mesma forma que naqueles locais, está relacionada a rochas kimberlíticas.

A descoberta recente de alguns kimberlitos no estado de Minas Gerais é uma evidência de que, muito em breve, corpos similares serão encontrados nas demais áreas diamantíferas do Brasil.

## BIBLIOGRAFIA

- FUTERGENDLER S. I. (1958) — An X-ray study of solid inclusions in diamond. *Kristallography*, 3, 494-497 (in Russian).
- FUTERGENDLER S. I. (1960) — Materialy Vses. Nauchn-Issled. Geol. Int., 40, 83-87 (in Harris 1958).
- FUTERGENDLER S. I. e FRANK-KAMENETSKY V. A. (1961) — Oriented growth of olivine, garnet and chrome-spinel in diamond. *Mem. All. Union Min. Soc.*, 90, 230-236 (in Russian).



- GNEVUSHEV M. A. e FUTERGENDLER S. I. (1963) — Zap. Vses. Miner Obshch., 92, (5), 167 (in Harris 1968).
- GUBELIN E. (1952) — Inclusions of diamond. Journ. Gemmology 3, 175-187.
- HARRIS J. W. (1968) — The recognition of diamond inclusions. Pt 1: Syngenetic mineral inclusions. Ind. Diam. Rev. 28, 402-410.
- HARRIS J. W. (1968) — The recognition of diamond inclusions. Pt. 2: Epigenetic mineral inclusions. Ind. Diam. Rev. 28, 458-461.
- LEITE C. R. (1969) — Cristalografia e mineralogia do diamante do Triângulo Mineiro. Tese de doutoramento apresentada à Faculdade de Filosofia Ciências e Letras da Univ. de S. Paulo, 102 págs.
- MEYER H. O. A. e BOYD F. R. (1969) — Mineral inclusions in diamond. Carnegie Int. Wash. Yearb. 67, 130-135.
- MEYER H. O. A. e BOYD F. R. (1970) — Inclusions in diamond. Carnegie Inst. Wash. Yearb. 68, 315-322.
- MEYER H. O. A. e BOYD F. R. (1972) — Composition and origin of crystalline inclusions in natural diamonds. Geochim. et Cosmochim. Acta 36, 1255-1273.
- MEYER H. O. A. e SVISERO D. P. (1973) — Mineral inclusions in Brazilian diamonds. International Conference on Kimberlites, Cape Town, South Africa, Extended Abstracts 225-228.
- MILLEDGE H. J. (1961) — Coesite as an inclusion in G.E.C. synthetic diamonds. Nature 190, 1181.
- MITCHELL R. R. e GIARDINI A. A. (1953) — Oriented olivine in diamonds. Amer. Mineral. 38, 136-138.
- ORLOV YU. L. (1959) — Syngenetic and epigenetic inclusions in the crystals of diamond. Trans. Min. Mus. Acad. Sc. URSS. 10, 103-120.
- PRINZ M., MANSON V. D., HLAVA P. F. e KEIL K. (1973) — Inclusions in diamonds: garnet lherzolite and eclogite assemblages. International Conference on Kimberlites, Cape Town, South Africa, Extended Abstract, 267-271.
- SHARP W. E. (1966) — Pyrrhotite: a common inclusion in South African diamonds. Nature 211, 402-403.
- SOBOLEV N. V. et al. (1969) — Chrome pyropes from Yakutian diamonds. Dokl. Akad. SSSR 189, 162-165 (in Russian).
- SOBOLEV N. V. et al. (1970) — Association of olivine, garnet and chrome-diopside in a Yakutsk diamond. Dokl. Akad. Nauk. SSR 192, 1349-1353 (in Russian).
- SVISERO D. P. (1971) — Inclusões em diamantes aluvionares dos rios Garças e Araguaia, Mato Grosso. Anais do XXV Congr. Bras. Geol. 227-233.
- WILLIAMS A. F. (1932) — The genesis of diamond. Vols. I e II, E. Benn, London.