

NÃO. CIRCULA

MICROSCOPIA ELETRÔNICA DE ESTRUTURAS DE SUPERFÍCIE  
EM CRISTAIS DE DIAMANTES DO BRASIL.

DARCY PEDRO SVISERO

1969



Tese de Mestrado apresentada à Cadeira de Mineralo-  
gia da Faculdade de Filosofia, Ciências e Letras da  
Universidade de São Paulo, em dezembro de 1969.

DEDALUS - Acervo - IGC



30900009638

# I N D I C E

	pag.
INTRODUÇÃO	1
AMOSTRAGEM DE CAMPO	3
O MICROSCÓPIO ELETRÔNICO	7
AMOSTRAGEM DE LABORATÓRIO	9
Escolha dos espécimens	9
Preparação das amostras	9
Obtenção de réplicas	10
MICROESTRUTURAS OBSERVADAS AO MICROSCÓPIO ELETRÔNICO	12
Figuras em faces (111)	13
Descrição de micrografias obtidas em (111)	14
Figuras em superfícies (110)	19
Descrição de micrografias obtidas em (110)	20
Figuras de face (100)	27
Descrição de micrografias obtidas em (100)	28
CONCLUSÕES	33
AGRADECIMENTOS	34
BIBLIOGRAFIA	35

## ÍNDICE DE FIGURAS E MICROGRAFIAS ELETRÔNICAS

			pag.
Figura	1	- Localização da região do Alto Araguaia	4
Figura	2	- Localização geográfica dos aluviões amostrados	6
Figura	3	- O microscópio eletrônico	8
Figura	4	- Metalizador a vácuo	11
Micrografia	1	- Trigons de base plana	15
Micrografia	2	- depressões isósceles	16
Micrografia	3	- planos de clivagem	18
Micrografia	4	- estrutura em degraus	21
Micrografia	5	- depressões elípticas	23
Micrografia	6	- saliências irregulares	24
Micrografia	7	- colinas e depressões circulares	26
Micrografia	8	- depressões de simetria quaternária	29
Micrografia	9	- depressão piramidal simples	30
Micrografia	10	- depressões irregulares	32

## INTRODUÇÃO

Um dos aspectos característicos dos cristais naturais de diamante, é a presença na superfície das formas cristalográficas de rombododecaedro  $\{110\}$ , octaedro  $\{111\}$  e cubo  $\{100\}$ , de microestruturas com padrões e dimensões variáveis nos diferentes espécimens.

As mais típicas dessas estruturas são pirâmides triangulares, de alturas e características variáveis, conhecidas na literatura internacional como "trigons", conforme denominação dada por Sutton em 1928. Ocorrem nas faces  $(111)$ , possuindo dimensões desde 0,5 cm até valores de  $\mu$ .

Por ordem de frequência, são comuns estruturas de simetria binária, em superfícies curvas  $(110)$ , com grande variação de forma: depressões elípticas e circulares; saliências irregulares, estruturas em degraus, colinas (hillocks), estrias, estrutura em rede formada por saliências retilíneas cruzando-se a ângulos de  $120^\circ$ .

As estruturas menos frequentes em diamantes naturais ocorrem em planos  $(100)$ , e são invariavelmente de pressões piramidais de base quadrada e altura variável, apresentando lados simples ou em terraços.

Dos trabalhos realizados desde o início do século por mineralogistas, físicos e geólogos, um aspecto parece estar bem estabelecido: que estas estruturas de au-

perfície representam parte da história geológica do diamante - Fersmann e Goldschmidt (1911), Williams (1932), Tolansky (1955), Seal (1962), Varma (1967). Tanto elas podem representar os estágios finais de crescimento, como poderiam ter sido formadas por processos químicos contemporâneos e/ou subsequentes a sua cristalização.

Com o objetivo de precisar as condições de formação das figuras superficiais naturais em diamante, vários pesquisadores têm-se dedicado à obtenção em laboratório, de figuras artificiais em planos previamente escolhidos, através da ação de reagentes químicos ( $KNO_3$ , gases), a temperaturas controladas.

Essa linha de trabalho iniciada com Fersmann e Goldschmidt em 1911, a partir de 1943, passou a ser conduzida - praticamente por Tolansky e seus colaboradores ( Pandya, Pandeya Omar, Ramage, Wilcock, Emará, Patel ), os quais enriqueceram a literatura nos anos seguintes, com publicações relativas a topografia de superfície de diamante.

Deve-se a Tolansky, ainda, o mérito de haver - elaborado técnicas especiais de interferometria, que aplicadas - inicialmente ao diamante, estenderam-se posteriormente a outras substâncias naturais (minerais) e artificiais ( carbetos, nitretos e boretos) de importância tecnológica.

O conhecimento preciso de aspectos devidos ao crescimento cristalino, corrosão, crescimento secundário, clivagem e deslocamentos cristalográficos, permitiu que se estabelecessem as condições de formação do diamante, tornando possível a sua síntese em 1955 - Bovenkerk, Bundy, Hall e Wentorf (1959).

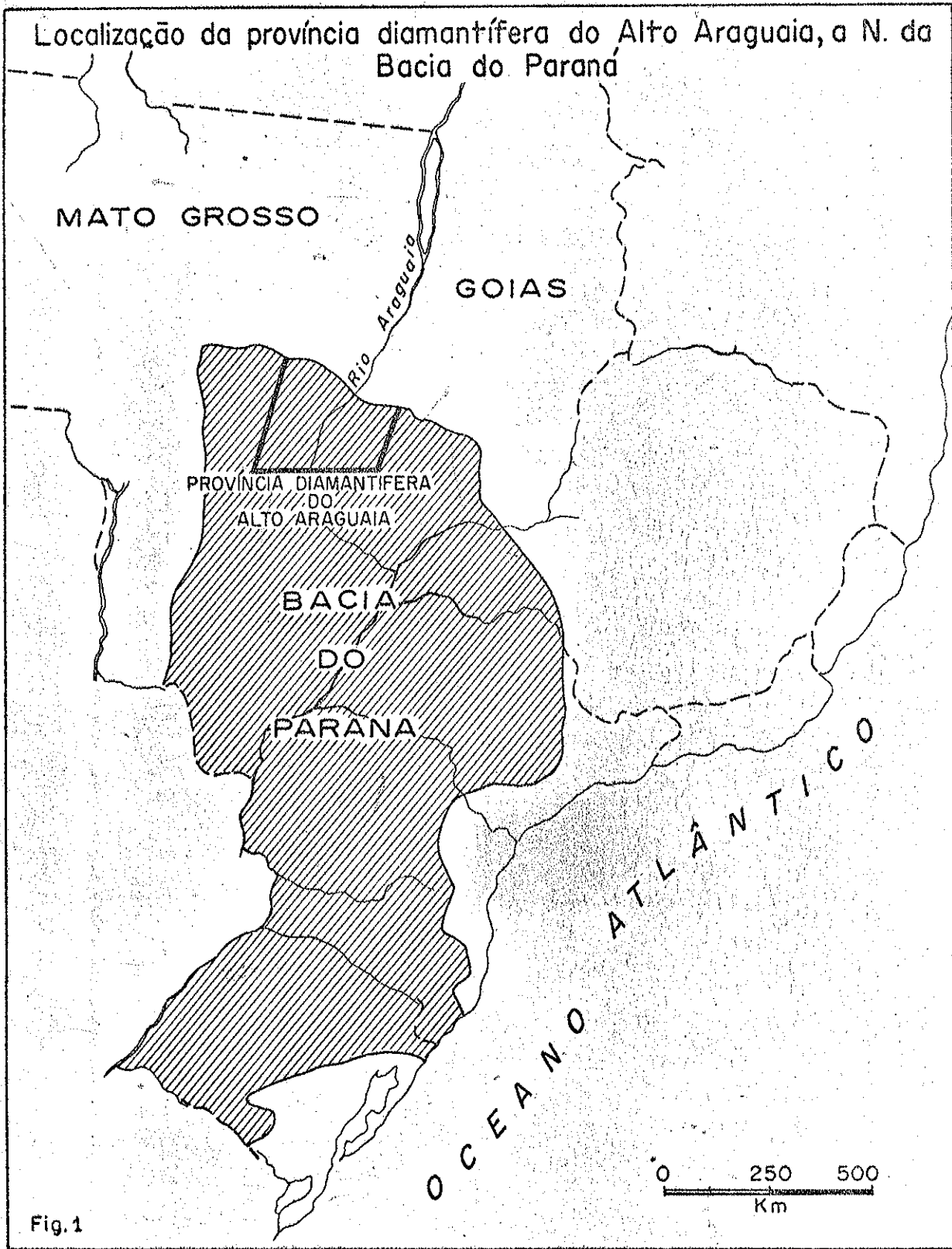
Nêste trabalho apresentamos os resultados - obtidos ao microscópio eletrônico, com diamantes aluvionares procedentes da região de aluviões diamantíferos do Alto Araguaia, Brasil, cujo material está sendo objeto de um estudo mineralógico mais amplo. Além das propriedades morfológicas, estão sendo determinadas as inclusões minerais presentes nos cristais, classificação espectral conforme absorção no infra-vermelho, e elementos químicos maiores e menores - presentes nas amostras

Estão em andamento na Cadeira de Mineralogia projetos objetivando estudo semelhante de outras áreas diamantíferas aluvionares como Tibagi, Diamantina, Bahia e outras. Êstes aluviões deverão ser amostrados, e os resultados obtidos permitirão uma correlação entre as propriedades físicas e químicas do diamante brasileiro.

#### AMOSTRAGEM DE CAMPO

O material em estudo, num total de 200 cristais procede de garimpos da bacia do Alto Araguaia, situada na borda da Bacia do Paraná, nas proximidades da divisa do estado de Mato Grosso e Goiás - Fig. 1

A razão de escolhermos esta região para estudo, justifica-se por ser uma das zonas diamantíferas clássicas do Brasil, tendo seus aluviões fornecido alguns dos grandes diamantes nacionais - Reis (1959).



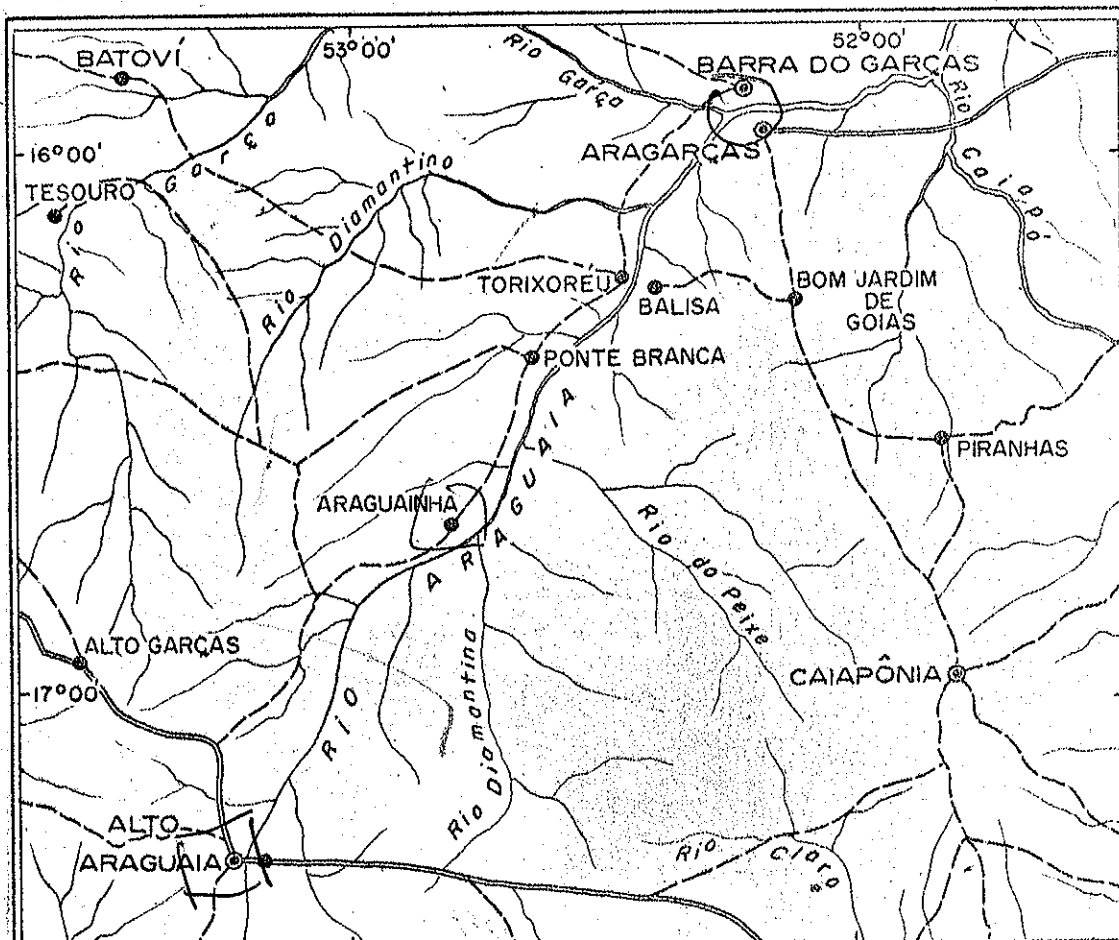
Há que se considerar ainda a relativa facilidade de locomoção, bom como certa proximidade de São Paulo. Mas o principal motivo de sua escolha, reside no fato de ser a Bacia do Paraná, uma das unidades geológicas mais bem estudadas do Brasil. Dados sobre a região centro-norte da bacia, podem ser obtidos em Almeida (1954), Petri e Fulfaro (1966), Oliveira e Muhlmann (1967).

Os diamantes foram adquiridos nas zonas de garimpos localizados em uma área poligonal, em cujos vértices estão as cidades de Alto Araguaia, Caiapônia, Barra do Garças, Botovi e Alto Garças. Os cristais ocorrem em depósitos aluvionares, principalmente ao longo dos rios Araguaia e Garças, e secundariamente em seus afluentes Caiapó, Diamantino, Tesouro, Bonito, etc. - Fig. 2





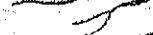

Foram examinados ao microscópio eletrônico - um total de 50 cristais, de coloração variável (incolor, castanho, amarelo claro) e topografia superficial previamente conhecida à lupa ou ao microscópio óptico.

Dêsse total, 35 cristais são de garimpos situados ao longo do Araguaia, no trecho Alto Araguaia - Barro do Garças, sendo 10 de Alto Araguaia, 5 de Araguainha, 12 de Torixoréu e 13 de Barra do Garças. Os 15 restantes procedem do baixo Garças. Embora haja grande variação nas dimensões dos cristais, a maioria situa-se no intervalo 0,1 a 1,2 quilates, ou 20 - 240 mg.





MAPA GEOGRÁFICO DA ÁREA ESTUDADA

- |  |   |
|--|---|
|  RIOS SEGUNDÁRIOS     |  ESTRADAS PRINCIPAIS |
|  RIOS PRINCIPAIS      |  CIDADES SEGUNDÁRIAS |
|  ESTRADAS SEGUNDÁRIAS |  CIDADES PRINCIPAIS  |

ESCALA 1:1.600.00

Fig. 2

## O MICROSCÓPIO ELETRÔNICO

O microscópio eletrônico é de grande utilidade no estudo das substâncias naturais e artificiais, por seu elevado poder de resolução, e pela possibilidade do estudo conjunto com difração eletrônica.

Constitui técnica absoluta no estudo morfológico das substâncias orgânicas e inorgânicas, em virtude de possibilitar a visualização das estruturas num intervalo de 1 a 100 m  $\mu$ .

Visto em corte longitudinal ao lado de um microscópio óptico, o microscópio eletrônico mostra grande analogia com aquele instrumento convencional, na disposição das peças essenciais e formação da imagem - Fig. 3

A fonte de iluminação no microscópio eletrônico é constituída por eletrons acelerados a potenciais de pelo menos 40 kV, os quais possuem comprimento de onda da ordem de 0,01 Å, isto é, 100.000 vêzes menor que o comprimento de onda da luz visível, que varia de 3.900 a 7.600 Å

Essa diferença no comprimento de onda das duas radiações, traduz o enorme poder de resolução do microscópio eletrônico, quando comparado ao instrumento óptico.

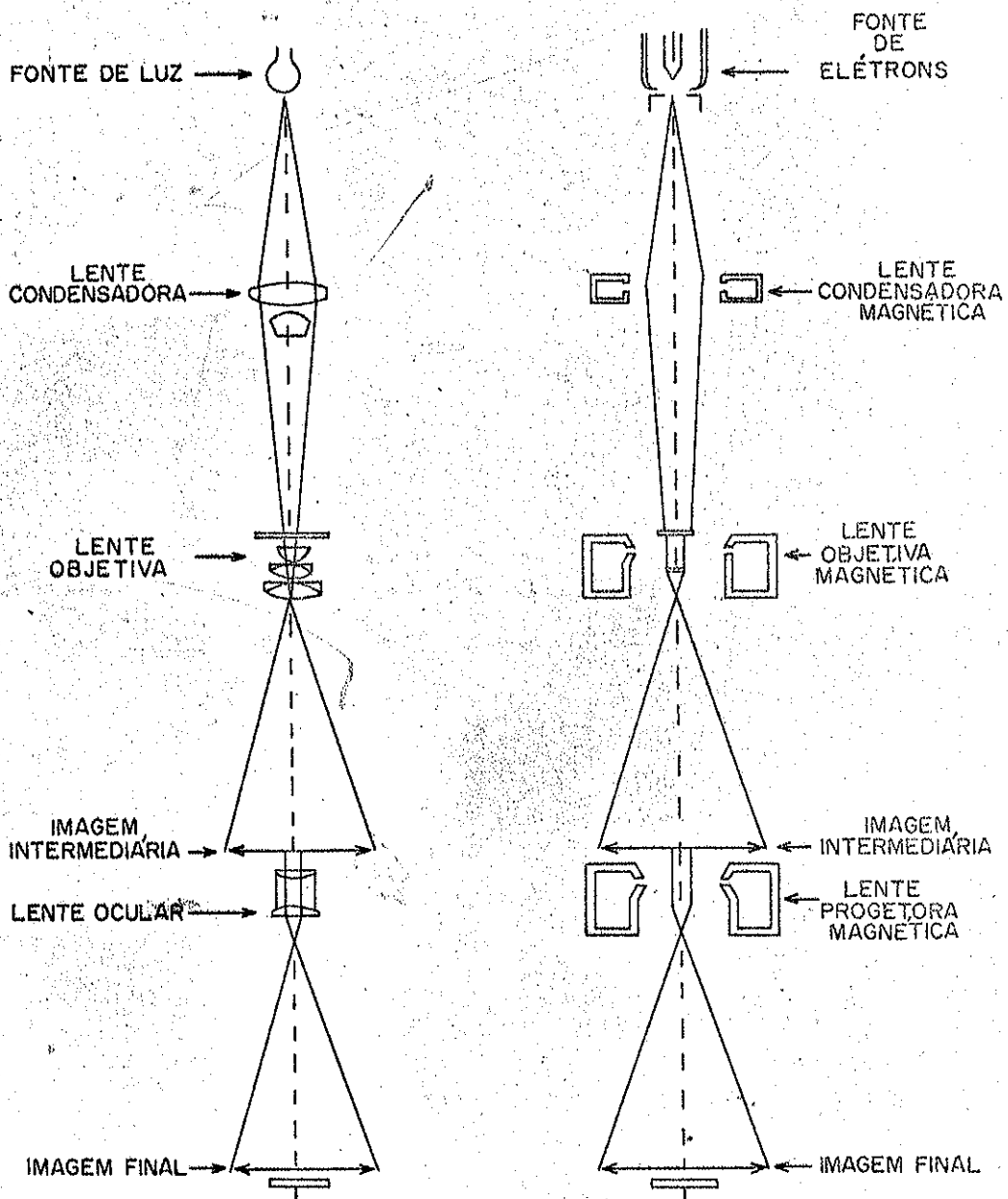


Fig. 3- Esquema comparando o microscópio ótico e eletrônico

A coluna do microscópio eletrônico constitui-se pelo canhão eletrônico, sistema de lentes, câmara do espécimen e câmara fotográfica, está sob pressão da ordem de  $10^{-5}$  mm de Hg. No microscópio óptico, espécime e lentes ficam em contato direto com o ar, dispensando qualquer proteção.

No presente trabalho, foi usado o microscópio eletrônico Siemens Elmiskopia IA, existente no Departamento de Física da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, operado em regime de 80 kV.

## AMOSTRAGEM DE LABORATÓRIO

### Escolha dos Espécimens

O material coletado na área foi inicialmente estudado à lupa binocular onde através das figuras de superfície foram identificadas as formas cristalográficas, hábitos e geminações. A seguir, foram escolhidos 50 exemplares em cujas faces ou superfícies cristalinas, houve formação de estruturas características, adequadas ao exame em microscópio eletrônico.

### Preparação das Amostras

Os cristais foram inicialmente lavados em solução de HCl 1:1, e a seguir em HF concentrado, para

remoção das impurezas ( hidróxidos, argilas e fragmentos de sílica ), aderentes na superfície ou localizados nos espaços do relêvo superficial.

Em seguida, com auxílio de uma lupa binocular, foram convenientemente orientados e montados em cilindros de borracha parcialmente cortados, a fim de se obter uma fixação perfeita do cristal. Após essa operação, foram lavados em cetona e álcool, estando então em condições de serem replicados.

#### Obtenção das Réplicas

Foram obtidas réplicas negativas com emprêgo de Zapon semi-líquido, de secagem rápida após colocação na superfície.

A remoção da película de plástico do cristal (molde), constitui a fase mais delicada do trabalho, sendo se realizado sob lupa binocular. Uma vez removidas as películas foram fixadas em lâmina de vidro e levadas ao evaporador de alto vácuo (  $10^{-5}$  mm Hg ), para o sombreamento metálico da superfície - Fig. 4.

Utilizou-se platina como sombreador, evaporando-se em cada preparação 12 mg de metal, a ângulo de  $30^{\circ}$  e  $40^{\circ}$  para a obtenção da 3ª. dimensão. Foram realizadas evaporações em uma direção, em duas direções opostas, em em duas direções a ângulos retos. Sombreamento em direções opostas a ângulos de  $30^{\circ}$  forneceram os resultados mais satisfatórios.

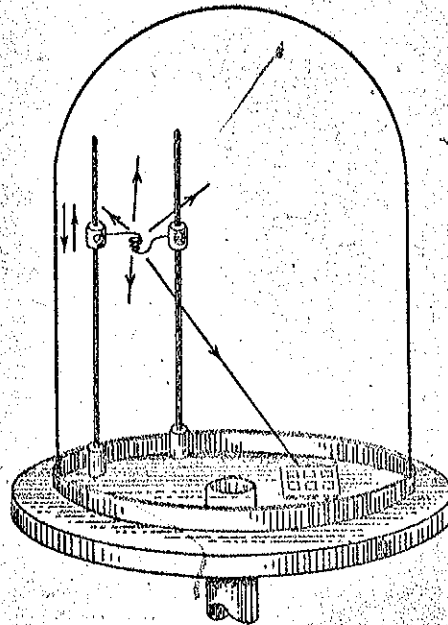


Fig. 4- Esquema de um metalizador a vácuo, para evaporação de metais.

A operação seguinte, consiste em recobrir a superfície metalizada, com película de carbono, proveniente de dois eletrodos de grafita, fazendo-se passar por êles uma corrente elétrica.

Terminada a fase de evaporação, as réplicas foram montadas em telas de cobre e colocadas sobre uma pilha de papel filtro, embebidos em acetado de amila para dissolução do zapon.

A dissolução deve ser a mais lenta possível, isenta de qualquer movimento, para que as finas películas do metal e carbono não sofram dobramentos e distensões, o que inutiliza a réplica.

#### MICROESTRUTURAS OBSERVADAS AO MICROSCÓPIO ELETRÔNICO

As microestruturas exibidas por diamantes naturais, têm sido extensivamente estudadas, em particular por Forsmann e Goldschmidt (1911), Van der Veen (1913), Sutton (1928), Williams (1932), Tolansky e Wilcock (1946), Halperin (1954), Tolansky e Emara (1955), Tolansky (1955), Frank, Puttick e Wilks (1958), Tolansky (1960), Tolansky e Pandeya (1961), Evans e Santer (1961), Seal (1962 e 1965), Patel (1964, 1966 e 1967), Varma (1967) etc.

Serão descritas neste trabalho, as microestruturas reveladas no microscópio eletrônico obtidas em faces de octaedro, rombododecaedro e cubo, e discutidos seus prováveis mecanismos de formação

### Figuras em Faces (111)

Nos planos (111) são comuns depressões piramidais de base triangular equilátera (trígonos), variáveis em profundidade, número e dimensões. Os lados podem ser lisos, ou em terraços (degraus), não havendo referências na literatura, qual o padrão mais frequente.

Essas depressões podem terminar em ponto (vértice), situado no centro geométrico da depressão constituindo então uma trígon piramidal tipo P (point bottomed), ou apresentarem-se truncadas, terminando em um fundo plano - trígon tipo F (flat bottomed).

Lang (1964), propôs subdivisões dos tipos P e F, o que parece não ter sido aceito, a julgar pela ausência de referências nos trabalhos subsequentes de outros autores.

Além das trígonos, o plano (111) constitui uma direção boa de clivagem no diamante, sendo muito comum entre os exemplares estudados, a existência de setores ou fragmentos de clivagem.



Réplicas de superfícies de clivagem foram confeccionadas, com o propósito de conhecer os padrões de clivagem, e medida dos desníveis entre os planos sucessivos - Tolansky (1960).

#### Descrição de micrografias sôbre (111)

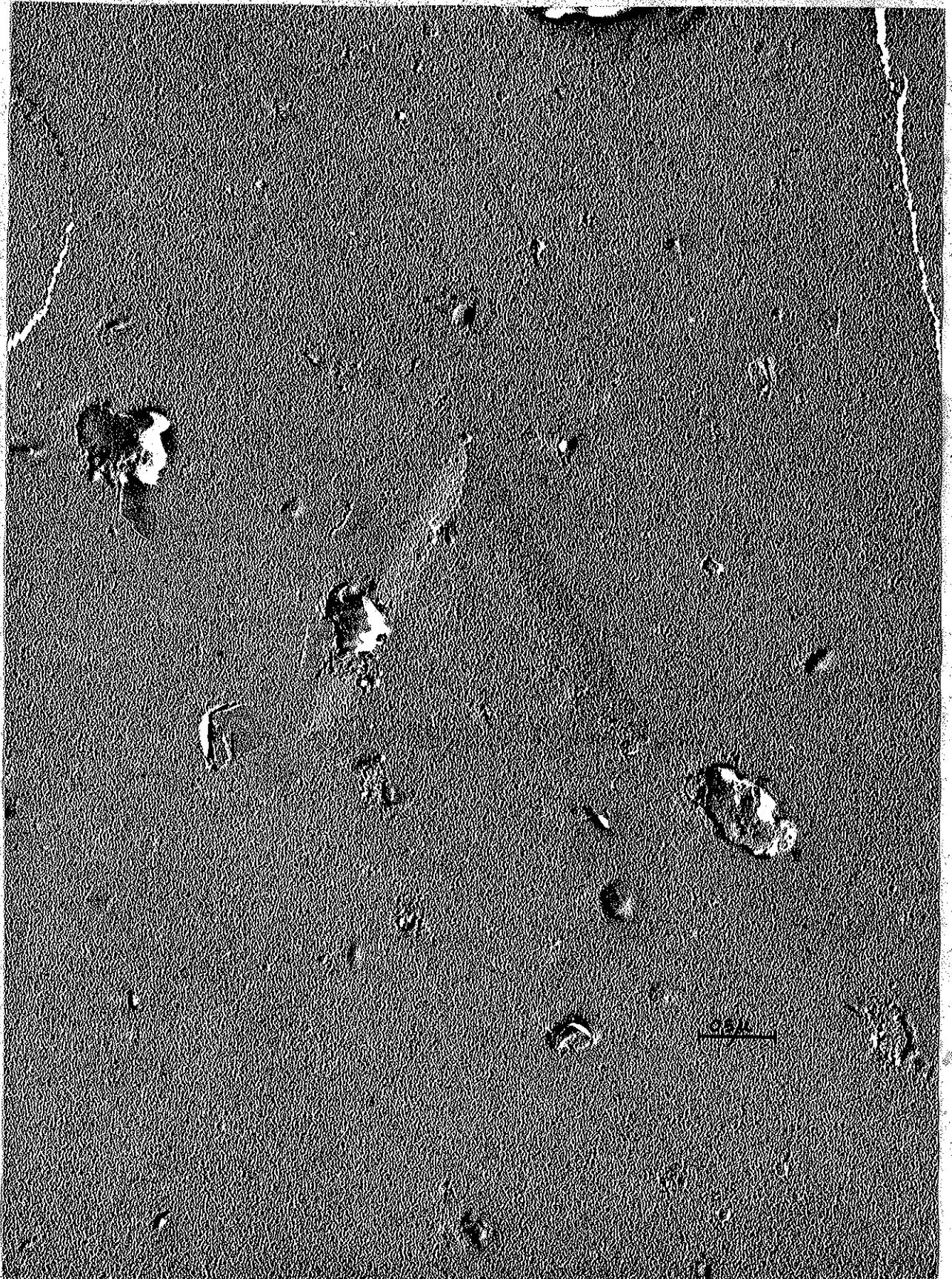
A micrografia 1 ilustra uma trígono tipo F, obtida com aumento de 27.500 x. A figura, geometricamente perfeita possui  $2,2\mu$  de aresta e profundidade de  $0,1\mu$ .

Pode-se observar que as arestas que definem a base superior apresentam-se ligeiramente abauladas, resultado talvez, de processos naturais de dissolução, que atuaram sôbre o cristal.

Não são observadas outras estruturas, notando-se apenas alguns centros de impurezas (hidróxidos, argilas) provenientes da superfície do cristal durante a moldagem.

Na micrografia 2, obtida em face (111), com aumento de 5.000 x, destacam-se depressões triangulares isóceles, de altura igual aproximadamente ao dôbro da medida da base. Nota-se um paralelismo das depressões segundo uma direção que coincide com sua maior dimensão.

Individualmente, apresentam dimensões variáveis; o valor da base situa-se no intervalo de 1,6



Micrografia 1 - Micrografia eletrônica de face (111), exibindo  
trigon de base plana (F). x 27.500.



Micrografia 2 - Face (111), com depressões triangulares isóceles.  
x 5.000.

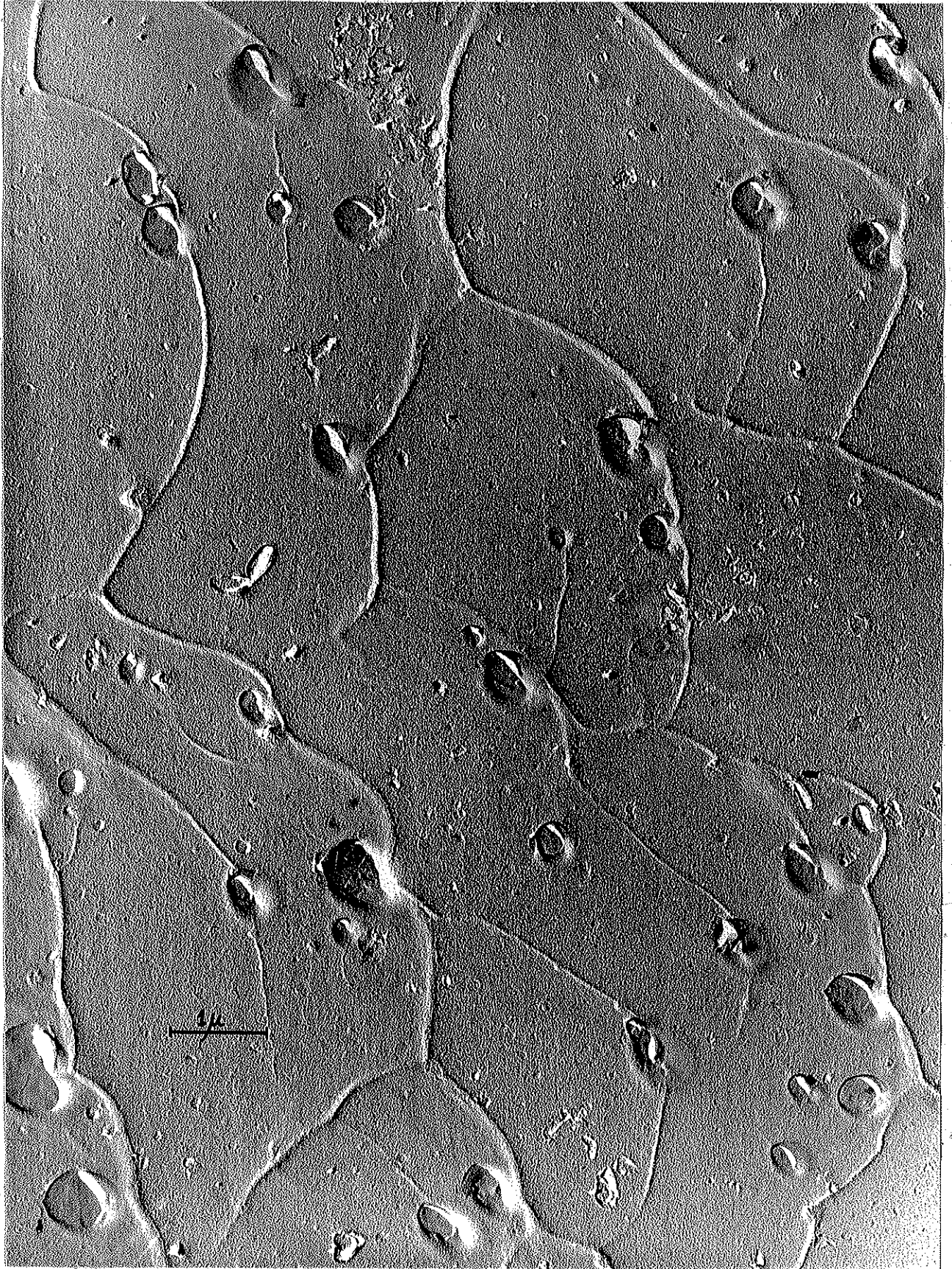
a  $7,0 \mu$ . Cálculo da profundidade e mergulho lateral não foi possível, devido à imperfeição das estruturas e presença de impurezas.

As depressões triangulares isóceles constituem estruturas curiosas, ainda não discutidas. Considerando o desenvolvimento incompleto que as caracteriza acreditamos representarem estágios diferentes de processos de dissolução.

Aparecem ainda, estruturas circulares abauladas, com diâmetro de  $1,5 \mu$ , formadas posteriormente, pois estão sobre os lados das depressões. Direções retilíneas cortando as depressões, são também posteriores, correspondendo talvez à clivagens secundárias desenvolvidas no cristal, como consequência de impactos sofridos durante o transporte mecânico.

Placas escuras e glomérulos dispersos na micrografia, correspondem a impurezas existentes na superfície do cristal, trazidas pela réplica durante a moldagem.

Amicrografia 3 foi abatida em superfície de clivagem natural, com aumento de 17.500 x. Destacam-se traços de planos de clivagem, segundo linhas paralelas entre si. Esse padrão foi observado em vários outros cristais examinados.



Micrografia 3 - Planos de clivagem, com desnível médio de 0,1 micron. x 17.500.

O desnível médio entre dois planos sucessivos, foi calculado, na ordem de  $0,1 \mu$ . Sobre a superfície lisa do cristal, notam-se ainda saliências de contorno aproximadamente circular, com diâmetro médio de  $2,5 \mu$ . Correspondem à replica de estruturas secundárias sobre os planos de clivagem.

Com relação aos processos responsáveis pela formação das trígonos as explicações fornecidas pelos autores que se dedicaram ao problema, podem ser enquadrados em duas linhas distintas: Fersmann e Goldschmidt (1911), Van der Veen (1913), Sutton (1928), Williams (1932), Tolansky e Wilcock (1947), Halperin (1954), Tolansky (1955, 1960, 1962, 1965), e Varma (1967) interpretam as trígonos como resultado de processos de crescimento. Miers (1910), Omar e Kenawi (1957), Frank, Puttick e Wilks (1958), Patel e Ramanathan (1962), Lang (1964) e Patel (1962, 1966, 1967), explicam a formação das trígonos através de processos de dissolução.

#### Figuras em (110)

As microestruturas de superfície (110), contrariamente aquelas observadas em (111), exibem padrões extremamente variáveis, sendo as seguintes, as mais frequentes em cristais naturais: estrutura em degraus, depressões elípticas, depressões circulares (micro-discos), estriações paralelas, estrutura em rede com direções formando ângulos de  $120^\circ$ , colinas (hillocks), depressões e saliências retilíneas e saliências irregulares.

Estas estruturas de simetria binária, já foram exaustivamente discutidas em trabalhos anteriores dos diversos autores mencionados (Fersmann e Goldschmidt, Williams, Tolansky, Patel, Varma etc), com exceção do último tipo (saliências irregulares), ainda não descritas.

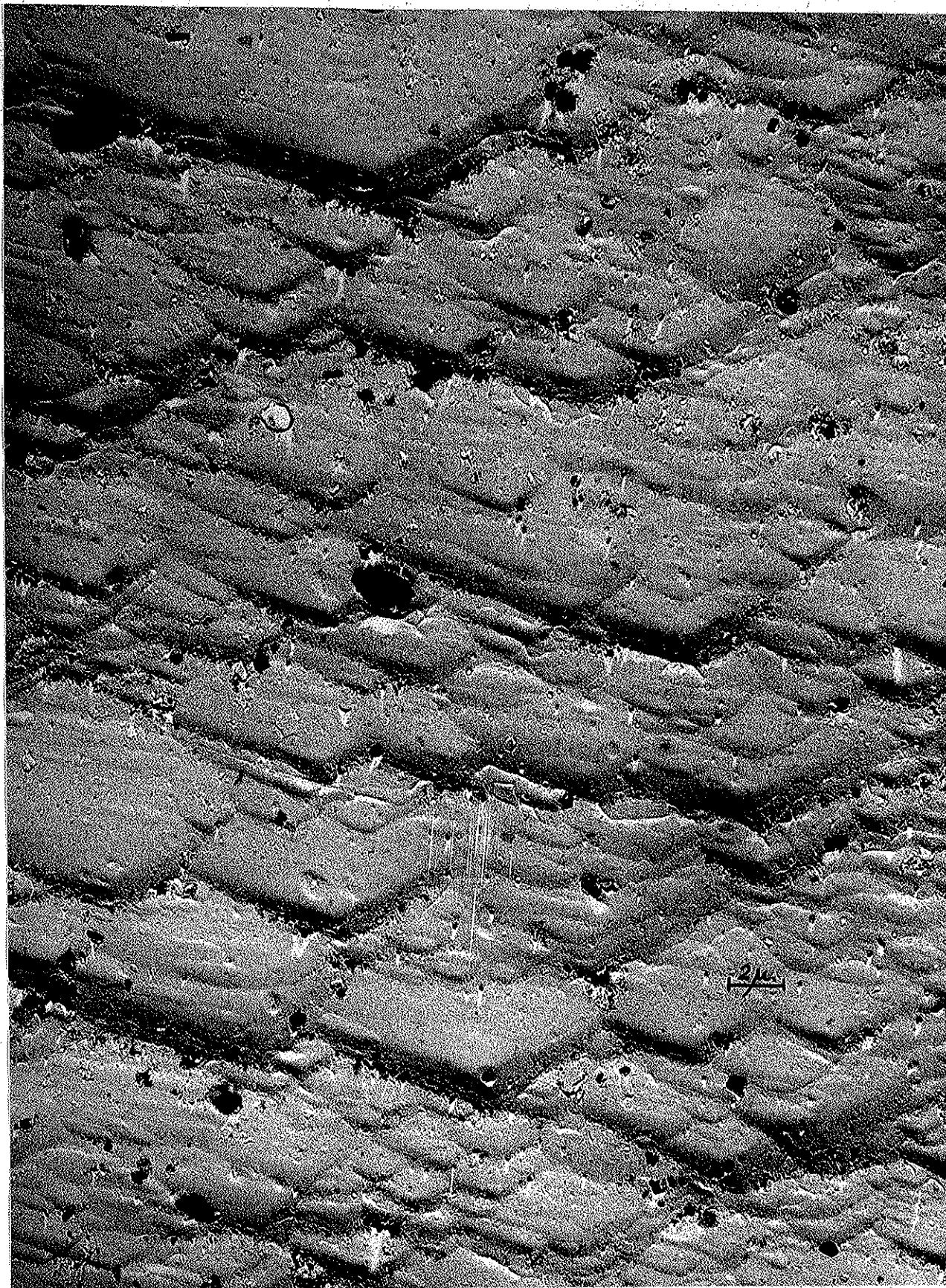
Trata-se de um aspecto importantíssimo da superfície, evidenciando claramente a ação de agentes de dissolução, que consideramos o fator decisivo no controle da morfologia externa do diamante.

#### Descrição das micrografias de (110)

A micrografia 4 foi obtida em face (110), de cristal rombododecaédrico abaulado, com aumento de 4.500 x. Trata-se de uma estrutura em degraus, frequente em nossas amostras.

Este tipo de estrutura resulta do empilhamento de planos (111), e pode ser comprovada, orientando-se os cristais adequadamente ao microscópio óptico, segundo uma direção  $[111]$ , de forma que as faces (110), (011) e (101) sejam examinadas simultaneamente.

O desnível entre dois planos é constante, sendo as arestas dos degraus, paralelas entre si e formando ângulos de  $120^\circ$  com arestas de outras direções (simetria binária).



Micrografia 4 - Superfície (110), com estruturas em degraus mostrando simetria binária. x 4.500.



É interessante observar, que os vértices (extremidade de cada plano) apresentam-se ligeiramente abauladas, sendo que em certos setores, como na parte inferior da micrografia começa a desaparecer, confundindo-se com a superfície lisa.

São visíveis ainda, pequenas depressões circulares (micro-discos), de diâmetro  $0,1 \mu$ , em vários setores da micrografia. Pontos e manchas correspondem a impurezas.

Outra estrutura frequente, está ilustrada pela micrografia eletrônica 5, em aumento de 17.500 x onde temos depressões elípticas, equidimensionais, com dimensões  $0,2 \times 0,5 \mu$ , orientadas segundo o semi-eixo maior. Depressões circulares com diâmetro de  $0,1 \mu$  estão também presentes.

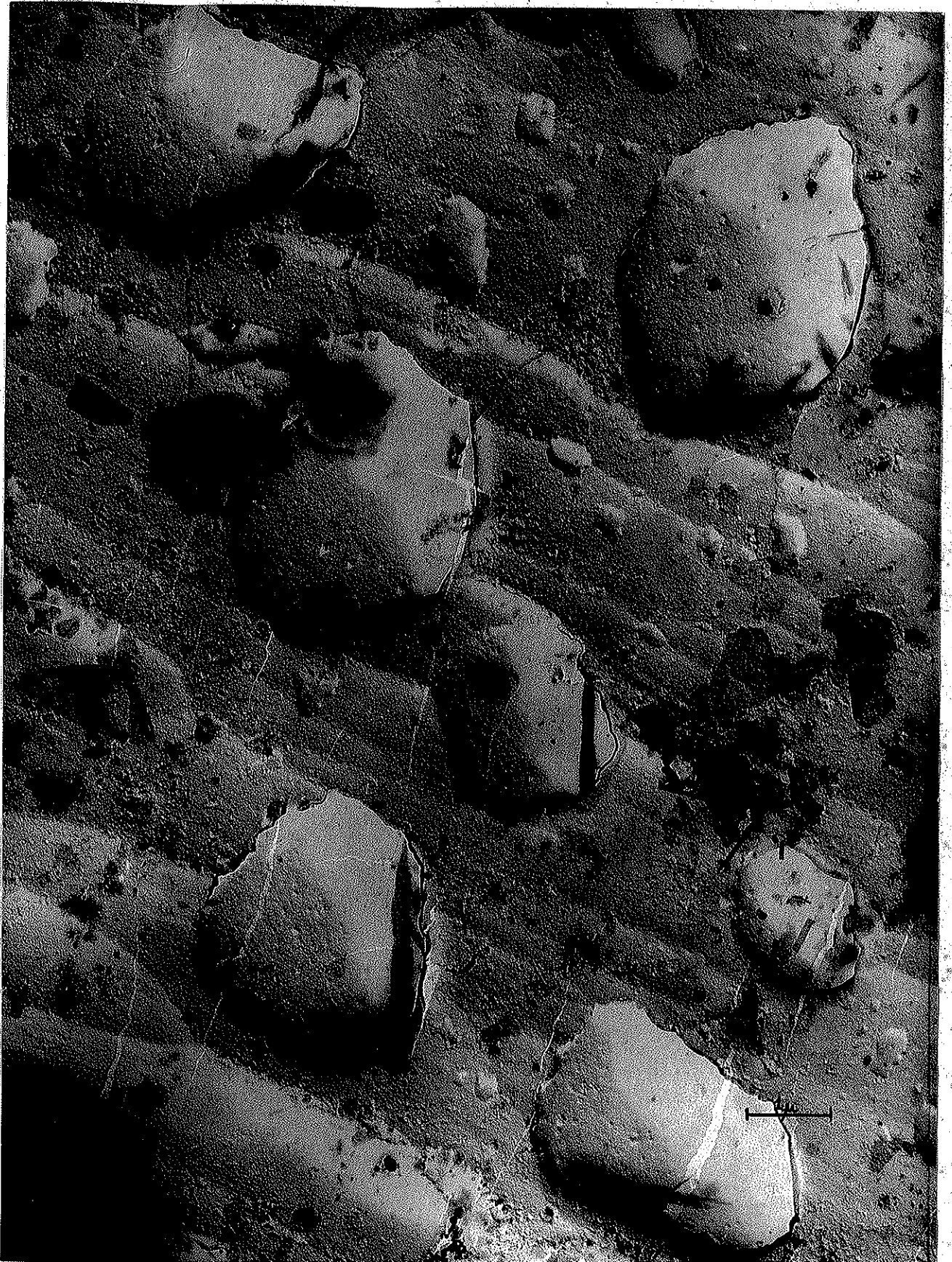
Deve ser ressaltado ainda, o aspecto liso e às vezes abaulado da superfície, a que parece ser mais uma evidência da ação de processos de dissolução.

A micrografia 6, obtida com aumento de 15.000 x, ilustra um tipo de estrutura ainda não descrito para as superfícies (110).

Tratam-se de saliências de contôrno irregular, mas de forma aproximadamente elíptica, variando nas dimensões de  $0,1$  a  $0,4 \mu$ .



Micrografia 5 - Superfície (110), com depressões elípticas equidimensionais, orientadas segundo a maior dimensão.  
x 17.500.



Micrografia 6 - Superfície (110), destacando-se saliências irregulares semi-isoladas. x 15.000.

Estas saliências estão colocadas sôbre uma superfície em degraus suavemente abaulados, equidistantes  $0,05 \mu$ .

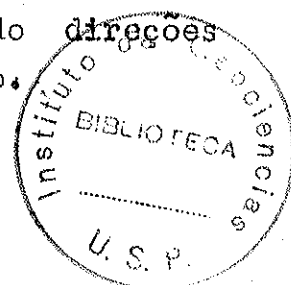
Considerando que o diamante tenha sofrido processos de dissolução, estas saliências seriam pontos de resistência ao ataque superficial, o que explicaria a sua variação de forma e dimensão. Setores mais resistentes à corrosão, permaneceram maiores e mais irregulares. Na parte central da micrografia, nota-se perfeitamente, que a saliência ainda não foi totalmente isolada, continuando pela superfície abaulada.

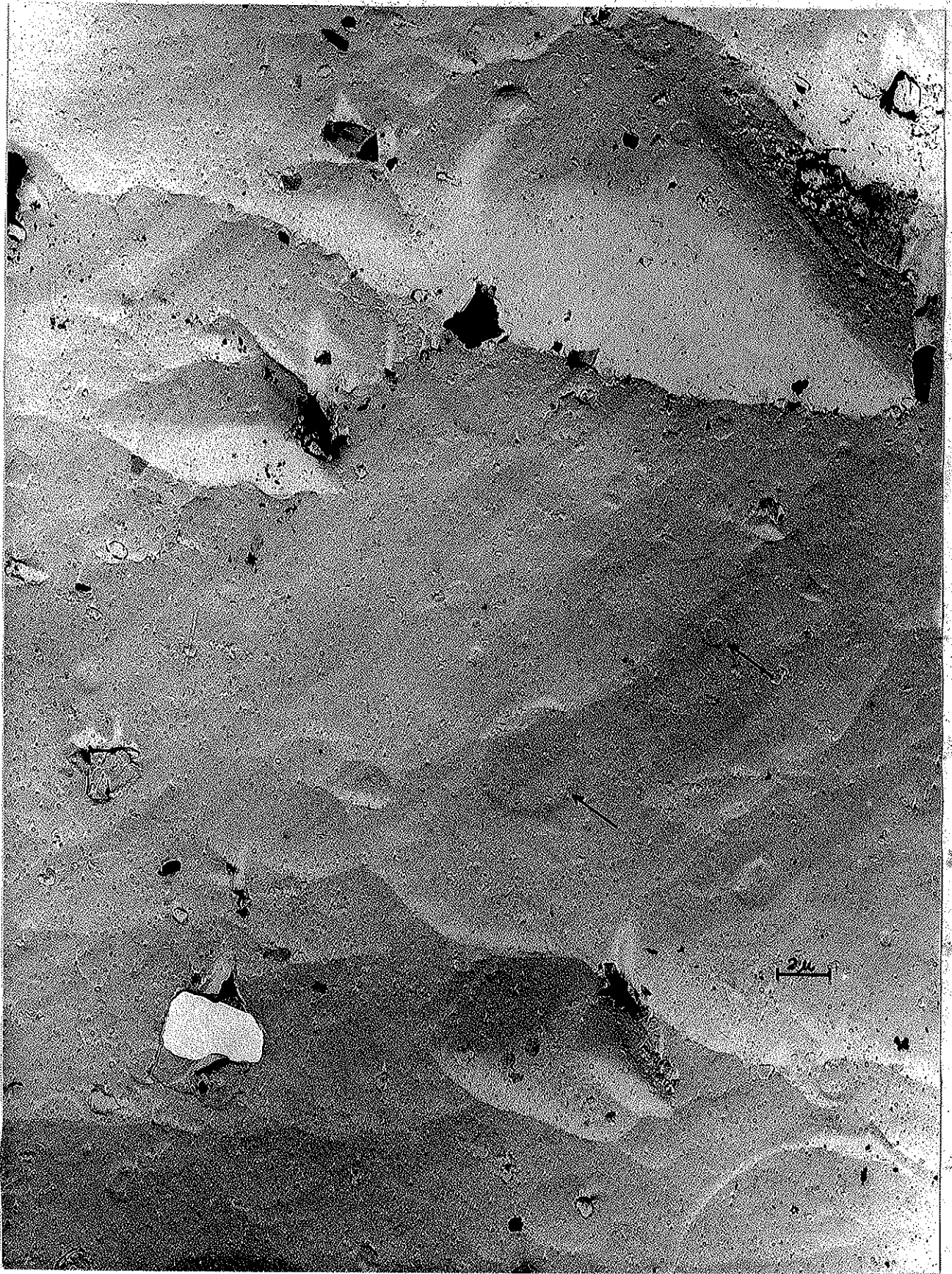
Na micrografia 7, obtida com aumento de 4.500 x, estão presentes estruturas comuns em (110), aqui denominadas colinas (hillocks), atingindo dimensões de  $10 \mu$ . Destaca-se o aspecto abaulado dessas colinas, como consequência de processos de dissolução.

Levando em conta a dimensões excepcionais, que as vêzes podem atingir, poderiam representar também, processos de crescimento secundário, e depois sujeitas a processos corrosivos.

Depressões circulares (micro-discos), de diâmetro variável, destacam-se na micrografia, algumas sôbre outras estruturas. Característica dessas depressões é a pequena profundidade e a ocorrência generalizada nas superfícies (110).

Estas estruturas estão apoiadas sôbre uma superfície abaulada, com linhas indicando direções de arestas de degraus que sofreram dissolução.





Micrografia 7 - Estruturas típicas de (110): colinas abauladas  
(hillocks) e depressões circulares (micro-discs).  
x 4.500.

Na descrição das microestruturas de (110), diversas vezes já nos referimos a processos de dissolução, como responsáveis diretos pela sua formação. Este aspecto é uma consequência do fato de serem as próprias superfícies (110), resultantes de processos corrosivos.

#### Figuras em (100)

Figuras de face (100) são as microestruturas menos frequentes em diamantes naturais, sendo constituídas por depressões piramidais, de simetria quaternária.

Após os trabalhos de Patel (microscopia eletrônica) e Varma (microscopia óptica e interferometria) em 1967, alguns aspectos relativos a essas estruturas, tornaram-se definidos. Possuem dimensões variáveis, e embora de simetria quaternária, geralmente são imperfeitas.

É muito comum as depressões maiores contêm depressões menores, quase sempre agrupadas. Algumas depressões mostram lados em terraços, e neste tipo, a base termina em um ponto situado no seu centro geométrico. Outros tipos exibem lados lisos, e nesse caso, o vértice da depressão apresenta-se deslocado em relação ao centro da base.

Quanto à sua origem, a maior parte dos autores apontam processos de dissolução, como responsáveis pela sua formação (Frank, Patel).

#### Descrição das micrografias de (100).

A micrografia 8, obtida com aumento de 17.500 x, ilustra tôdas as características das microestruturas de (100) enunciadas no parágrafo anterior.

Depressões piramidais em terraços são as mais desenvolvidas em dimensões, contendo ao longo dos terraços, numerosas depressões piramidais simples, agrupadas com dimensões em torno de  $\mu$ .

Deve-se destacar o paralelismo entre os sulcos responsáveis pelos terraços, bom como a simetria quase perfeita dessas figuras. Partículas escuras de argilas e outras impurezas estão presentes.

Depressão piramidal de simetria quaternária, terminando em um ponto ligeiramente deslocado em relação ao centro da base, é ilustrada pela micrografia eletrônica 9, com aumento de 30.000 x.

Possui  $1,5\mu$  de aresta, com uma profundidade também de  $1,5\mu$ . Numerosas impurezas estão presentes - placas de argila, glomérulos (hidróxidos de ferro) etc.



Micrografia 8 - Face (100), mostrando depressões de simetria quaternária de dois tipos: em terraços e irregulares. x 17.500.



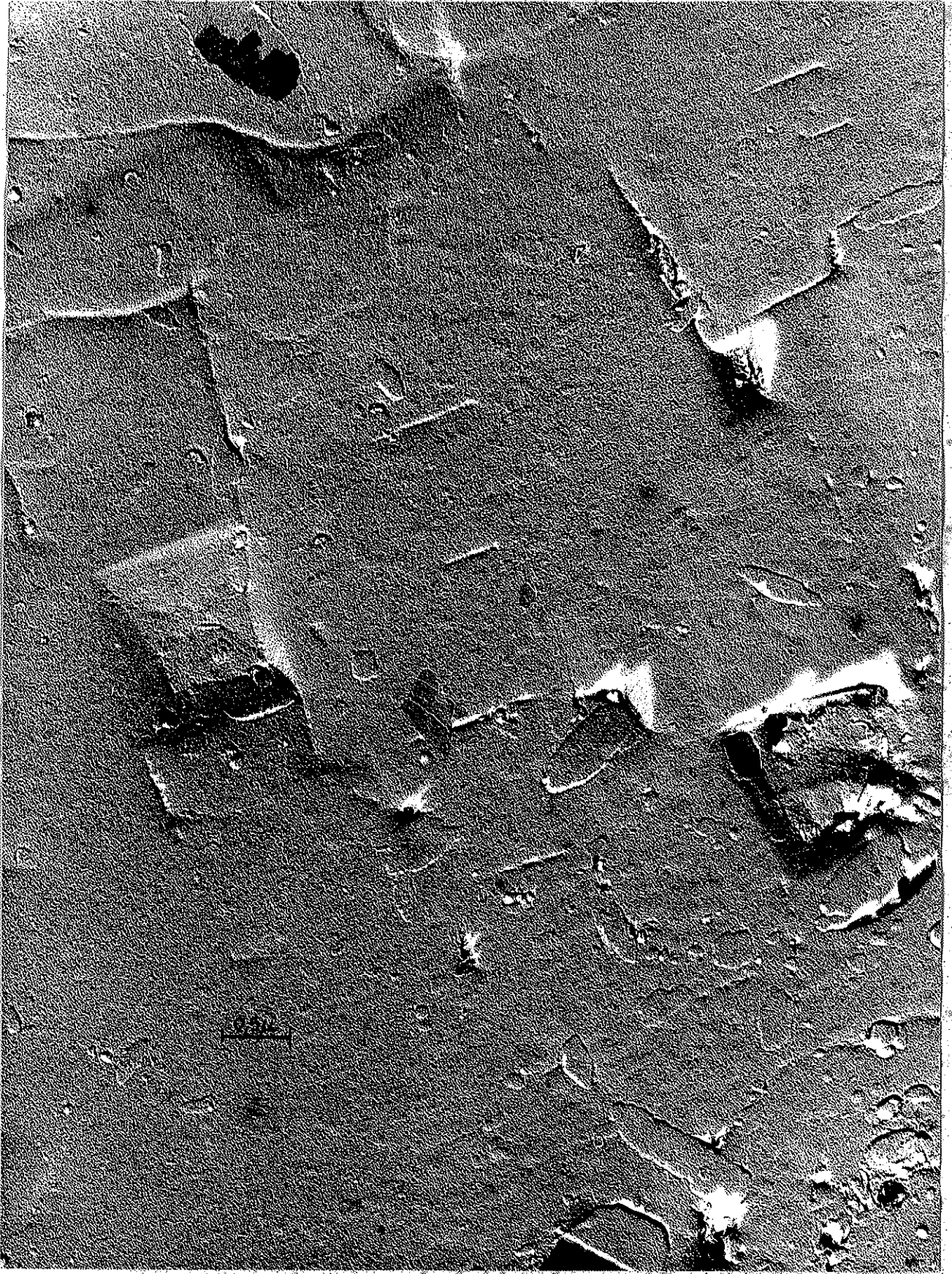


Micrografia 9 - Depressão piramidal de base quadrada, característica de (100). x 30.000.

A micrografia 10, também obtida em face (100), ilustra depressão piramidal com dimensão  $1,5\mu$ , padrão ligeiramente diferente para faces cúbicas.

Temos aqui uma depressão assimétrica, deslocada para um dos lados da base, sendo as arestas dos lados ligeiramente curvas, o que indica processos de dissolução. Representam, talvez estágios intermediários no processo de formação dos tipos mais frequentes

O resto da superfície é liso, notando-se numerosos centros de futuras depressões em diversos estágios de desenvolvimento.



Micrografia 10 - Face (100) com depressões irregulares. x 24.000.

## CONCLUSÕES

O estudo da superfície de cristais de diamante aluvionares do Alto Araguaia, Brasil, através do exame ao microscópio eletrônico, permitiu obter uma série de dados relativos ao micro-relêvo e processos ligados ao crescimento cristalino.

O exame das faces (111), (110) e (100) tornou possível a observação de diversas microestruturas referidas na literatura.

Em (111) obteve-se os dois padrões das trigons, as mais discutidas entre as microestruturas do diamante, cuja origem ainda é motivo de polêmica.

O exame das superfícies (110) revelou uma variedade de microestruturas- degraus, depressões elípticas, saliências irregulares, depressões circulares (micro-discos), colinas (hillocks), estrias e redes com direções a ângulos de  $120^\circ$ .

Finalmente em (100), foram obtidas depressões piramidais de simetria quaternária, cujos lados podem ser lisos ou em terraços.

O exame de feições particulares de cada uma dessas microestruturas, parece indicar que sejam resultantes de processos naturais de dissolução (agentes oxidantes), que teriam atuado sobre o diamante durante e/ou após a sua cristalização.

A G R A D E C I M E N T O S

Agradecemos ao Prof. Dr. William G. R. de Camargo, diretor do Departamento de Mineralogia e Petrografia, a orientação e críticas valiosas, durante a realização do trabalho. Ao Prof. Dr. - Paulo Ribeiro de Arruda, chefe do Centro de Microscopia Eletrônica da Escola Politécnica, e a Profa. - Cecilia A. Pimentel, pesquisadora do referido centro externamos nossa gratidão. Somos gratos ainda, ao sr. J. Rufino desenhista do Departamento e a srta. - Vera Lucia da Costa, que gentilmente datilografou os originais.

B I B L I O G R A F I A

- 1 - Almeida, F.F.M. (1954). Geologia do Centro-Leste Matogrossense, Dep. Nac. Prod. Min., Div. Geol. Min., Boletim nº 150.
- 2 - Bartoshinskii, Z.V. and Makarov, V.A. (1967). A report from the USSR on the microrelief of synthetic diamond facets. Ind. Diam. Rev., vol. 27, pp. 160-163.
- 3 - Bedarida, F. (1967). Micromorphology of (111) faces in diamond twins. Acta Crystallographica, vol. 23, pp. 708-710.
- 4 - Eovenkork, H.P. (1961). Some observations on the morphology and physical characteristics of synthetic diamond. Am. Mineral., vol. 46, pp. 952-963.
- 5 - Champion, F.C. (1957). Diamond. Science Progress, vol. 45, pp. 447-461.
- 6 - Emara, S.H. and Tolansky, S. (1957). The microstructure of dodecahedral faces of diamond. Proc. Roy. Soc. A, vol. 239, pp. 289-295.
- 7 - Evans, T. and Sauter, D.H. (1961). Etching of diamond surfaces with gases. Phil. Mag. vol. 6, pp. 429-444.
- 8 - Frank, F.C., Puttick, K. E. and Wilks, E. M. (1958). Etch pits and trigons on diamond. Phil. Mag. vol. 3, pp. 1262-1272.

- 9 - Frank, F.C., Puttick, K.E. (1958). Etch.pits. and trigons on diamond. Phil. Mag. vol. 3, pp. 1273-1279.
- 10 - Fersmann, A. and Goldschmidt, V. (1961). Der Diamant. K. Winter, Heidelberg.
- 11 - Hall, C.E. (1966). Introduction to electron microscopy. McGraw-Hill Company.
- 12 - Halperin, A. (1954) Densities of trigons and ultra-violet absorption of diamonds. Acta Crystallographica, vol. 9, pp. 265-268.
- 13 - Harrison, E.R. and Tolansky, S. (1964). Growth history of a natural octahedral diamond. Proc. Roy. Soc. A, vol. 279, pp. 490-496.
- 14 - Holland, L. (1961), Vacuum diposition of thin films. Chapman Hall Ltd., London.
- 15 - Lang, A.R. (1964). Dislocations in diamond and the origin of trigons. Proc. Roy. Soc. A, vol.278 pp. 234-242.
- 16 - Oliveira, M.A.M. and Muhlmann, H. (1967). Observations on the geology of Chapada Guimarães, Mato Grosso, Boletim Paranaense de Geociências, n<sup>os</sup> 21/22, pp. 57-61.
- 17 - Omar, M. and Kenawi, M. (1957). The etching of diamond by low pressure oxygen. Phil. Mag. vol. 2, pp. 859-863.
- 18 - Pandya, N.S. and Tolansky, S. (1954). The etching of diamond. II Cleavage, dodecahedron and cube faces. Proc. Roy. Soc. A, vol. 225, pp. 40-48.
- 19 - Patel, A.R. and Tolansky, S. (1958). The etching of crystal cleavages II. Diamond octahedral cleavages. Proc. Roy. Soc. A, vol. 243, pp. 41-47.

- 20 - Patel, A.R. and Rammanathan, S. (1962). Etch pits on diamond surfaces. *Phil. Mag.*, vol. 7, pp. 1305-1314.
- 21 - Patel, A.R. and Agarwal, M.K. (1965). Microstructures on Panna diamonds surfaces *Am. Mineral.*, vol. 50, pp. 124-131.
- 22 - Patel, A.R., and Agarwal, M.K. (1966). Unusual microstructures on some South African natural diamonds. *Ind. Diam. Rev.* vol. 27, pp. 240-244.
- 23 - Patel, A.R., Patel, S.M. and Agarwal, M.K. (1967). Eletron optical studies on (100) faces of diamonds. *Ind. Diam. Rev.*, vol. 27, pp. 482-487.
- 24 - Petri, S. e Fulfaro, V.J. (1966). Sôbre a geologia da área balizada pelas cidades de Barra do Garças e Guiratinga, Mato Grosso e Jataí e Amarinópolis, Goiás. *Bol. Soc. Bras. Geol.*, vol. 15, nº 3, pp. 59-80.
- 25 - Reis, E. (1959). Os grandes diamantes brasileiros. *Dep. Nac. Prod. Min., Div. Geol. Min., Boletim nº 191.*
- 26 - Seal, M. (1962). The surface structure of diamonds *Gems and Gemology*, vol. 10, pp. 309-314.
- 27 - Seal, M. (1965). Structure in diamonds as revealed by etching. *Am. Mineral.*, vol. 50, pp. 105-123.
- 28 - Sutton, J. R. (1928). *Diamond*. Murby, London.
- 29 - Svisero, D. P. (1968). Morfologia de alguns diamantes de Marabá, Pará. XX Reunião Anual da Soc. Bras. Progr. Ciênc., São Paulo, Ciência e Cultura, vol. 20, nº 2, pp. 161-162.



- 30 - Tolansky, S. (1955). The microstructures of diamond surfaces. London, N.A.G. Press.
- 31 - Van der Veen, A.L.W.E. (1913). Die symmetrie des diamanten. Z. Kristallog. Miner., vol. 51, pp. 545-590.
- 32 - Tolansky, S. (1960). Surface microtopography. \* Longmans, London.
- 33 - Varma, C.K.R. (1967). Etch pits and trigons on diamonds. Phil. Mag., vol. 16, pp. 611-620.
- 34 - Varma, C.K.R. (1967). Studies on natural diamonds of the dodecahedral form. Phil. Mag. vol. 16, pp. 621-634.
- 35 - Varma, C.K.R. (1967). Studies on the structure of natural diamond crystals of the cube form. Phil. - Mag. vol. 16, pp. 657-662.
- 36 - Varma, C.K.R. (1967). Trigons on diamonds. Phil. Mag., vol. 16, pp. 959-974.
- 37 - Williams, A.F. (1932). The genesis of diamond. Benn, London.
- 38 - Zussmann, J. (1967). Physical methods in determinative mineralogy. Acad. Press, New York.