

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
BOLETINS DA FACULDADE DE PHILOSOFIA, SCIENCIAS E LETRAS

X

MINERALOGIA N.º 2



SÃO PAULO BRASIL

1938

Os boletins da Faculdade de Philosophia, Sciencias e Letras da Universidade de São Paulo, são editados pelos Departamentos das suas diversas Secções.

Toda correspondencia deverá ser dirigida para o
**DEPARTAMENTO DE MINERALOGIA E PETRO-
GRAPHIA** — Faculdade de Philosophia, Sciencias e
Letras, Caixa Postal 2926, S. Paulo, Brasil.

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO

Reitor:

Prof. Dr. Lucio Martins Rodrigues

Diretor da Faculdade de Philosophia, Sciencias e Letras:

Prof. Dr. Alexandre Corrêa

DEPARTAMENTO DE MINERALOGIA E
PETROGRAPHIA

Diretor:

Prof. Ettore Onorato

Assistente:

Eng.º Reynaldo Saldanha

BOLETINS DA FACULDADE DE PHILOSOPHIA, SCIENCIAS
E LETRAS

DA

UNIVERSIDADE DE S. PAULO

X

MINERALOGIA N.º 2

INDICE

ONORATO, E. — Pesquisas röntgenographi- cas sobre a leucita	3
SALDANHA, R. — Estudo morphologico e estatistico da phenacita de S. Mi- guel de Piracicaba	29
FRANCO, R. R. — Breve noticia sobre a he- matita de Antonio Pereira ...	75

Dezembro de 1938

Pesquisas Röntgenographicas sobre a Leucita

(2 figuras no texto e 3 quadros)

E. Onorato

ESPECTROS DE ROTAÇÃO

A série de observações opticas feitas, desde a época do abbade HAÛY, para estabelecer a phase da leucita póde-se dizer que fica encerrada com a memoria de C. KLEIN (1), apparecida em 1885.

Naquele trabalho encontra-se um completo resumo historico relativo do assumpto e uma descripção minuciosa e até excessiva do comportamento, ao microscopio polarizador, de centenas de laminas orientadas. C. KLEIN conclue que a leucita é formada por lamellas rhombicas, geminadas polysyntheticamente segundo planos que, pela orientação, correspondem ás faces do rhombododecaedro e esta é a opinião até agora acceita pela maior parte dos estudiosos.

Comquanto referindo-se á memoria citada, para o historico das varias hypotheses formuladas sobre a natureza crystallographica deste mineral, devo todavia recordar que G. von RATH (2), por meio de medidas goniometricas, havia chegado ao resultado, de todo diferente, de que a leucita fôsse tetragonal e calculava tambem a relação parametrica:

$$a : c = 1 : 0,52637$$

Veremos em seguida a importancia deste dado.

(1) C. KLEIN, *Optische Studien am Leucit*. "N. Jahrb. f. Mineralogie etc." III Beilagebd, 1885, pag. 522.

(2) G. von RATH, *Ueber das Krystallsystem des Leucits*. "N. Jahrb. f. Mineralogie etc." 1873, pag. 113.

A. BANNISTER (3), ao propor o methodo röntgenographico para distinguir a leucita da analcima, encontrou-se na necessidade de re-tomar o problema. Confirmou elle o character trimetrico da leucita e estabeleceu as dimensões da *malha elementar e o typo de Bravais*. Não é facil, porém, reconstituir o seu raciocinio porque elle conclue apressadamente, sem coordenar os dados das suas observações. De facto, BANNISTER escreve: "Foi conseguido um *laue* com um pequeno fragmento limitado por faces planas: a symetria pseudocubica dos efeitos obtidos demonstrou a orientação parallel a (100). Entre nicols cruzados o fragmento apresentava a caracteristica geminação polysynthetica, com dois systemas da lamellas, cruzando-se a cerca de 90 grãos. Foram conseguidos espectros do crystal giravel em torno a [001], [010], [100], [011], e [111]. O fragmento mostra ter symetria rhombica e as photographias indicam uma *malha* de corpo centrado tendo as constantes:

$$a_0 = 12,95 \quad b_0 = 13,12 \quad c_0 = 13,74 \quad (+ 0,04 \overset{\circ}{\text{Å}})$$

E conclue assim, sem indicar as grandezas $T_{[011]}$ e $T_{[111]}$ nem o criterio seguido para a orientação dos eixos.

J. WYART (4) refez o calculo das constantes e estabeleceu a relação $a_0 = b_0 = 12,95 \neq c_0 = 13,65$. Acreditou por isso ter encontrado razões sufficientes para pronunciar-se a favor da these sustentada por von RATH. E' verdade que os raios X, como elle disse, representam um meio de indagação mais precioso e mais completo do que o goniometro, mas o resultado obtido com os dous methodos, têm, em relação á solução do problema, o mesmo valor, porque ambos, no maximo, podem provar a syngonia e não a symetria dimetrica, tanto mais que diversos estudiosos, competentes de maneira particular no campo da optica, estabeleceram em concordancia o character biaxico da leucita.

As pesquisas röntgenographicas sobre este mineral foram retomadas por mim, a alguns annos, nos laboratorios de physica da Universidade de Manchester. Para produzir efeitos de interferencia appliquei o methodo de BERNAL, rodando um pequeno fragmento de crystal, de 10 em 10 grãos, em torno aos eixos do cubo. O calculo das constantes deu os valores:

$$a_0 = 12,95 \quad b_0 = 13,00 \quad c_0 = (?)$$

(3) A. BANNISTER, *The distinction of analcime from leucite in rocks by X ray methods*. "Mineralogical Magazine" vol. 22. 1931, pag. 469.

(4) J. WYART, *Réseau cristallin et macles de la leucite* "Compt. Rend. Acad. Sci." Paris, 1936, vol. 203, pag. 938.

Vide tambem: Mineralogical Magazine, Abstracts, vol. VI, 1937, pag. 412. Soixante-dixième Congrès des Sociétés savantes, 1937, pag. 141.

muito visinhos daquelles encontrados por BANNISTER. A estatistica dos indices (alguns dos quaes são aqui referidos) confirmou o typo corpo centrado da *malha* elementar; de facto, como resulta da relação seguinte, todos são de natureza tal que a sua somma é sempre par:

h k 0:

200	240	260	310	350	400	420	440	460	480	570
590	620	640	660	680	730	750	770	790	820	840
860	910	930	10.4.0	12.4.0						

0 k l:

004	008	0.0.10	011	019	022	024	026	028	033
035	037	039	042	044	046	048	0.4.10	051	053
055	057	059	062	064	066	068	0.6.10	073	077
082	084	086	088	091	093	095	099	0.9.11	0.10.6
0.11.5									

h 0 l:

103	109	204	206	208	303	309	402	404	406	408
503	505	602	604	606	703	802	804	806	901	903

Os symbolos dos planos reflectentes foram determinados como si o fragmento fosse simples, e tal parecia pela distribuição dos effeitos de interferencia. Ulteriores experiencias demonstraram em vez que não se podia desprezar o character de geminados e por tal razão estes indices não tem mais significado para a classificação do grupo especial, mas, como veremos a seguir, confirmam a ter valor para a determinação do *grupo de Bravais*.

DIAGRAMMA DE LAUE

Como já tive occasião de dizer (5) aquellas pesquisas não me permittiram attingir resultados mais concretos porque, devido á geminação, nasceram taes incertezas na definição do *grupo especial* que não foi possivel chegar, ainda mesmo approximadamente, ao modelo estructural. Impoz-se assim a necessidade de repetir as ex-

(5) E. ONORATO, *Il metodo dei Bragg*. "R. Acc. d'Italia — Viaggi di studio della Fondazione Volta" vol. II, 1935.

periências (6) com outro preparado. A dificuldade que o mineral apresenta para o estudo röntgenographico é devido á, direi quasi, impossibilidade de separar um individuo simples do resto do crystal dada a subtileza das lamellas e da estructura mesma do geminado a qual pôde variar, de modo imprevisivel, tambem em córtes parallelos de um mesmo crystal. Resolvi deter-me no caso e, fragmentando uma certa quantidade de material, consegui separar uma pequenina lamina, muito subtil, que, a nicols cruzados, mostrava todos os caracteres de uma lamina simples: ausencia de geminação e extinção contemporanea sobre toda a superficie. A lamina, orientada depois de numerosas tentativas deu ao raio X tres *laues*, a 90° uns dos outros, reproduzidos nos quadros I e II; o b) do quadro II é orientado segundo a superficie plana da lamina.

Os tres *laues* não são de nenhum modo sobreponiveis e cada um mostra com evidencia dois planos de symetria orthogonaes uns em relação ao outro. Repetem, portanto, a symetria dos tres pina-coides de um crystal rhombico. Este resultado, em conjunto com o da observação microscopica parecia confirmar definitivamente o caracter trimetrico da leucita. Apenas as constantes, calculadas por meio dos *espectros de rotação*, ao longo do traço dos planos de symetria (os quaes deveriam coincidir com os eixos crystallographicos) resultaram diversos dos encontrados precedentemente por BANNISTER e por mim; de facto dois delles vinham a coincidir com as diagonaes do parallelogrammo construido sobre a_0 e c_0 . Teria podido modificar a orientação dos eixos, tanto mais que BANNISTER, não conseguindo interpretar algumas linhas do *espectro de pó*, havia avançado a hypothese de uma *malha* diversa da por elle adoptada. Mas a projecção gnomonica dos tres *laues* poz em evidencia algumas imagens tão vizinhas que despertaram a ideia dos pontos duplos. Antes de cingir-me a refazer o longo trabalho de interpretação dos fotogrammas, pensei tambem em assegurar-me de que a symetria obtida confirmasse realmente a opinião de KLEIN. Por esta razão dirigi a pesquisa directamente sobre o geminado.

A secção reproduzida no quadro III, quasi parallela a uma face de cubo, me pareceu a mais adequada ao fim em vista, porque apresentava longa zona com um só systema de lamellas e por isso com um só plano de geminação. A nicols cruzados, quando o traço do plano de geminação coincide com uma das direcções principaes dos nicols, as lamellas são quasi todas igualmente illuminadas; a 45° desta posição são em vez completamente extinctas; porém com um microscopio muito luminoso chega-se a observar que a extinção é symetrica em relação ao traço de plano de geminação, com angulo

(6) Essas outras pesquisas foram feitas no Instituto de Mineralogia da R. Universidade de Roma.

de extinção muito pequeno, e para algumas lamellas o phenomeno é mais evidente que para outras.

Consegui um *laue* (7) no centro da faixa indicada com o numero 1: a photographia obtida é a reproduzida ao lado da secção. Identicos ao precedente tambem os *laues* das faixas 2 e 3, mas giradas de 90°. A perfeita identidade entre os *espectros* dos quadros I e III é evidente, malgrado as duas photographias tenham sido tomadas a distancias diversas. Confrontando a orientação relativa do preparado e do *laue* (quadro III), apparece claramente que um dos planos de symteria — o vertical — corresponde ao plano de geminação. Deve-se tambem reconhecer que o outro é um plano resultante da combinação de um eixo binario contido no plano de geminação, ou então um plano de symetria commum aos mesmos individuos do geminado polysynthetico. Em ambos os casos deve-se excluir que a leucita pertença ao systema rhombico e deduz-se que póde haver sómente symetria monoclinica.

ORIENTAÇÃO DO LAUE E ESPECTRO DO PÓ

Para estabelecer a orientação dos *laues* e ter um meio de passar dessa á orientação de outras secções da leucita, é necessario sobretudo admittir que como eixos da *malha* monoclinica ficam escolhidas as direcções parallelas aos lados do cubo. O facto de que as constantes desta *malha* e o *typo de Bravais* não tenham sido determinados com um crystal simples, não póde infirmar o fundamento dos resultados. Dado, de facto, o character pseudotetragonal da *malha* monoclinica, o retilculo reciproco para um crystal geminado segundo (110) é geometricamente identico ao de um crystal simples. Do ponto de vista physico-chimico, em vez, cada nó do retilculo reciproco corresponde a duas séries de planos reticulares physicamente não equivalentes e com indices permutaveis. Isso estabelecido, é facil ter-se em conta que nos *espectros de rotação* de um semelhante geminado as imagens de interferencia devem conservar a mesma distribuição como si provocadas por um crystal simples. Por isto o valor da distancia entre as linhas espectraes não póde soffrer variação, mas a cada imagem de interferencia podem corresponder duas séries de planos reticulares com indices permutaveis. Como, porém, a permutação não muda a natureza, o equivoco póde nascer para a classificação do *grupo especial* e não

(7) O *laue* foi feito no Departamento de Mineralogia e Petrographia da Universidade de S. Paulo.

para a determinação do *grupo de Bravais*. O mesmo raciocínio vale, praticamente, também no caso em que o plano de geminação seja (101), (101) ou então (011), porque, dado o alto valor das constantes e a pequena diferença que existe entre ellas, as linhas espectraes correspondentes a dous periodos de identidade terminam por superpor-se, especialmente nos estratos proximos ao espectro principal. De resto não se poderia de outra forma explicar como as photographias de rotação têm toda apparencia de espectros obtidos com um crystal simples.

A photographia obtida com o methodo do pó confirma a exactidão das nossas conclusões; de facto ella se ordena sobre o graphico de HULL para o systema dimetrico approximadamente á altura da relação:

$$a : c = 1 : 1,05$$

a qual coincide com o duplo do valor achado por von RATH.

Os indices obtidos (vêde tabella I) satisfazem todos á condição: $h + k + l = \text{par}$.

TABELLA I.

N.	Diametro dos aneis de Debye em mm.	sen α	KCu α, β	Intensidade	Indices
1	33.0	0.144	α	<i>f</i>	121 ; $\bar{1}21$; 211 ; $\bar{2}11$
2	37.5	0.163	α	<i>dd</i>	202 ; $\bar{2}02$; 022 ;
3	39.2	0.170	α	<i>dd</i>	—
4	44.8	0.194	α	<i>dd</i>	301 ; $\bar{3}01$; 031
5	47.0	0.204	β	<i>dd</i>	004
6	49.1	0.213	α	<i>m</i>	123 ; $\bar{1}23$; 213 ; $\bar{2}13$
7	52.1	0.225	α	<i>ff</i>	004
8	55.1	0.237	α	<i>ff</i>	400 ; 040
9	57.3	0.247	β	<i>dd</i>	332 ; $\bar{3}32$;
10	61.7	0.266	α	<i>f</i>	420 ; 240
11	63.8	0.275	α	<i>f</i>	332 ; $\bar{3}32$
12	69.1	0.297	α	<i>m</i>	143 ; $\bar{1}43$; 413 ; $\bar{4}13$
13	72.4	0.310	α	<i>dd</i>	125 ; $\bar{1}25$; 215 ; $\bar{2}15$
14	76.5	0.327	α	<i>ff</i>	404 ; $\bar{4}04$; 044
15	79.2	0.339	α, β	<i>dd</i>	006 α ; 154 β
16	83.1	0.354	α	<i>dd</i>	600 ; 060
17	85.9	0.366	α	<i>d</i>	161 ; $\bar{1}61$; 611 ; $\bar{6}11$
18	88.5	0.377	α	<i>m</i>	154 ; $\bar{1}54$; 514 ; $\bar{5}14$
19	91.2	0.387	α	<i>dd</i>	136 ; $\bar{1}36$; 316 ; $\bar{3}16$
20	95.0	0.403	α	<i>dd</i>	444 ; $\bar{4}44$
21	98.4	0.416	α	<i>dd</i>	550 ;
22	103.2	0.435	α	<i>dd</i>	264 (?)
23	107.1	0.450	α	<i>dd</i>	008
24	111.5	0.467	α	<i>f</i>	561 ; $\bar{5}61$; 651 ; $\bar{6}51$
25	114.0	0.477	α	<i>dd</i>	446 ; $\bar{4}46$
26	118.0	0.492	α	<i>dd</i>	606 ; $\bar{6}06$; 066
27	124.3	0.515	α	<i>dd</i>	662 ; $\bar{6}62$
28	126.7	0.529	α	<i>m</i>	—
29	130.8	0.540	α	<i>dd</i>	556 ; $\bar{5}56$
30	133.8	0.551	α	<i>dd</i>	664 ; $\bar{6}64$
31	144.8	0.587	α	<i>dd</i>	} 10.0.0 ; 0.10.0
	143.8	0.591	α	<i>dd</i>	
32	149.8	0.608	α	<i>m</i>	666 ; $\bar{6}66$

Raio da camara cylindrica = 57,3 mm. Radiações Cu, K $_{\alpha, \beta}$.

Baseado nos angulos das linhas 7, 23 e 8, 16 calcula-se as constantes:

$$a_0 \sim b_0 = 12,96 \text{ \AA} \quad c_0 = 13,70 \text{ \AA}$$

Fixada a orientação da *malha* elementar, a plano de geminação deve corresponder a uma face das seguintes formas: $\{110\}$, $\{011\}$, $\{\bar{1}01\}$, $\{101\}$. As duas primeiras possibilidades são afastadas por-

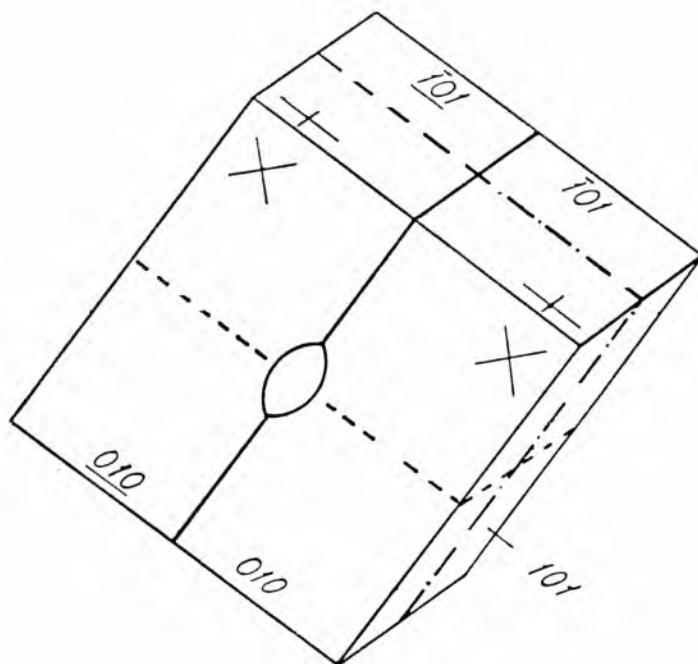


Fig. 1 — Duas lamellas de leucita geminadas segundo (101).

- — — plano da symetria monoclinica
- () eixo binario.
- — — plano de geminação.
- — — plano de symetria resultante.

que não concordam com a symetria do *laue*. A coincidência com (101) e $(\bar{1}01)$ ao contrario explica claramente como o geminado póde repetir a symetria dos tres pinacoides rhombicos. Com o auxilio da fig. 1 vê-se, de facto, que normalmente ás faces (010), (101), $(\bar{1}01)$, todas tres a 90° uma das outras, apparecem dois planos de symetria commum a todas as lamellas monoclinicas, o traçado a linha cheia, é plano de geminação e, finalmente, o assignalado a traço interrompido é o plano que naturalmente deve apparecer porque sobre (010) se tem um eixo binario contido em um plano de symetria. As cruzetas na figura estão a indicar as direcções de extinção nos

dois crystaes geminados. Ellas, sendo necessario, ajudam a esclarecer como pôde um semelhante aggregado apparecer simples á observação microscopica.

Estas considerações, por outro lado, servem para estabelecer que á secção do quadro III deve considerar-se parallela a (010) porque é sobre este plano que as lamellas pôdem apresentar o comportamento optico indicado na pagina precedente.

Tendo chegado a isolar a faixa 1 do resto do preparado pude conseguir dois laues, um com incidencia normal ao plano de geminação (101) e o outro segundo ($\bar{1}01$); o primeiro dá resultado identico ao da figura a) do quadro II com o plano vertical de symetria normal ao de geminação e o segundo identico ao da fig. b), com o plano vertical parallelo ao de geminação.

Baseado nestes dados procurei os symbolos das zonas assignadas sobre a photographia.

MALHA ELEMENTAR E SUAS CONSTANTES

Como ultimo problema propuz-me o de distinguir o valor das constantes segundo os lados da *malha elementar*. Para fazer isto separei da faixa 1 uma pequena laminazinha, não maior do que um mm². Com ella obtive applicando o methodo de POLANYI, dois espectros tendo respectivamente para eixo de rotação $[10\bar{1}]$ e $[010]$. Os valores dos dois periodos de identidade $T_{[10\bar{1}]}$ e $T_{[010]}$ são reproduzidos nas tabellas II e III.

TABELLA II (°).

s	$2e$ em mm.	$\log \operatorname{tg} \mu$	$\log \operatorname{sen} \mu$	$T_{[10\bar{1}]}$ em $\overset{\circ}{\text{Å}}$	Media $T_{[10\bar{1}]}$
1	4.50	8.59387	8.59395	18.1	18.57
2	8.75	8.88267	8.88161	18.7	
4	17.75	9.18986	9.18465	18.6	
5	22.50	9.29284	9.28448	18.4	
7	32.00	9.44581	9.42962	18.5	

Raio camara cylindrica = 57,3 mm. Radiação Mo-K $_{\alpha}$.

TABELLA III.

s	$2e$ em mm.	$\log \operatorname{tg} \mu$	$\log \operatorname{sen} \mu$	$T_{[010]} = b_0$ em $\overset{\circ}{\text{Å}}$	Media b_0
1	13.87	9.08274	9.07368	12.8	12.9
2	28.00	9.38782	9.37549	13.0	

Raio camara cylindrica = 57,3 mm. Radiação Cu-K $_{\alpha}$.

(*) Para o significado de s , e , μ vêde E. ONORATO "Periodico di Mineralogia", vol. III, pag. 139.

A escolha de a_0 e c_0 p \acute{o} de ser feita arbitrariamente. A *malha a corpo centrado* fica, portanto, assim definida:

$$a_0 = 13.00 \quad b_0 = 12.95 \quad c_0 = 13.70 \quad \beta = 90^\circ$$

Escolhendo para a densidade ρ valor m \acute{e} dio 2.48, calcula-se

$$n = 15,9 \sim 16 \quad \text{mollecula} \quad \text{KAl} (\text{SiO}_3)_2.$$

No systema monoclinico, como \acute{e} notorio, s \tilde{a} o previstos dois grupos de Bravais Γ , Γ' Por commodidade de descri \tilde{c} o, a

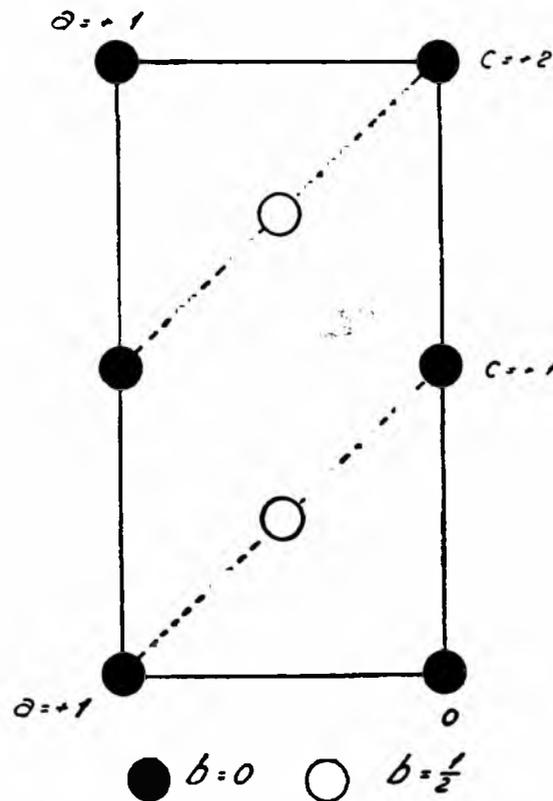


Fig. 2 — Leucita: Rela \tilde{c} oes entre reticulo a corpo centrado e reticulo a base centrada.

malha a corpo centrado deve transformar-se em Γ' , introduzindo os novos vectores (v \tilde{e} de fig. 2).

$$a_0 = -c_0 + a_0 \quad b'_0 = b_0 \quad c_0 = c_0$$

Neste caso a *malha* assume as contantes:

$$a_0 = 18,60 \quad b_0 = 12,95 \quad c_0 = 13,70 \quad \beta \sim 136^\circ$$

$$n = 15,8 \sim 16$$

CONCLUSÃO

A leucita é a phase monoclinica do metasilicato $\text{KAl}(\text{SiO}_3)_2$ com a relação parametrica $a:b:c := 1:1:1,054$ $\beta = 90^\circ$.

O angulo de extincção em relação a x e z é quasi inapreciavel; pôde-se dizer, então, que as direcções principaes de elasticidade optica coincidem praticamente com os eixos crystallographicos.

O mineral portanto está no limite com o systema rhombico para os caracteres opticos e com o tetragonal para a syngonia.

As observações de KLEIN e von RATH, umas feitas ao microscopico e as outras ao goniometro deviam necessariamente conduzir a resultados diversos.

A' pergunta sobre se todas as faces que têm a mesma inclinação do rhombododecaedro são planos de geminação, não se pôde responder. Theoricamente não é necessario que se verifique esta condição porque as 12 faces pertencem a quatro fórmias physicamente não equivalentes. Nas secções por mim estudadas, as lamellas resultaram geminadas sempre segundo (101) e tambem nas varias faixas da secção reproduzida no quadro VI parece que se trata de lamellas geminadas segundo a mesma lei e giradas de 90° entre si. Sómente extendendo as pesquisas a um grande numero de secções subtis será possivel dar uma resposta exhaustiva a essa pergunta.

A presente nota demonstra que, no estudo de algumas paramorphoses, as analyses röntgenographica, optica e morphologica podem conduzir a conclusões erradas se não vêm opportunamente integradas umas com as outras. Na literatura deste ultimo decennio não faltam casos de pesquisas feitas com methodo unilateral sobre compostos paramorphosados de não facil interpretação como, por exemplo, a analcima e a perowskita.

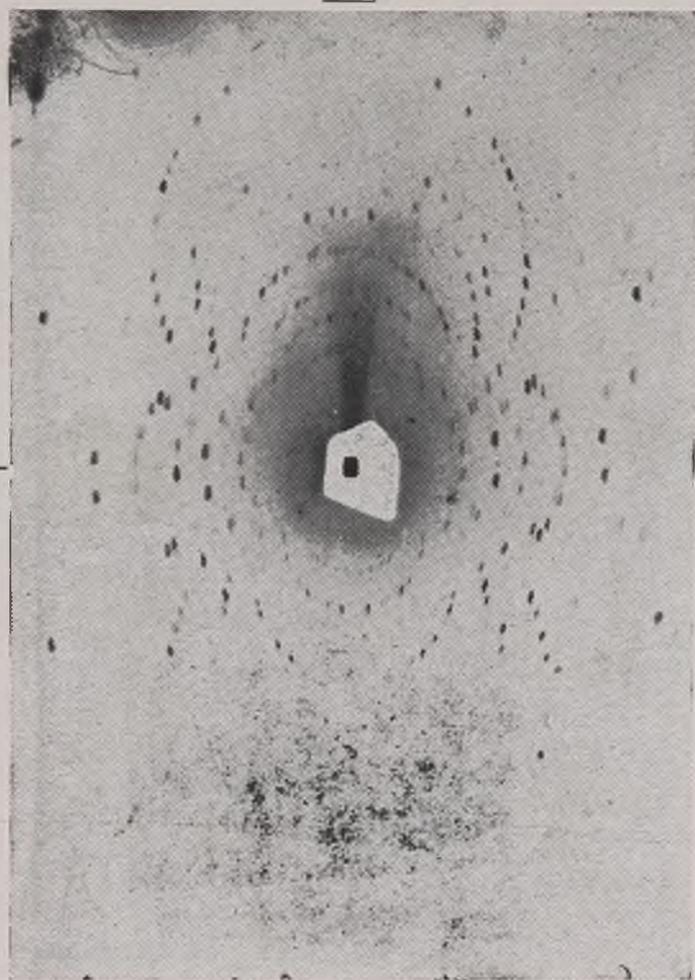
Sinto o dever de agradecer ao sen. prof. F. MILLOSEVICH por me ter dado gentil hospitalidade no Instituto de sua direcção.

QUADRO I

EXPLICAÇÕES DO QUADRO I

Leucita, laue segundo (010). Radiações K_{Mo} ; $D = 5 \text{ cm.}$

[$\bar{1}01$]

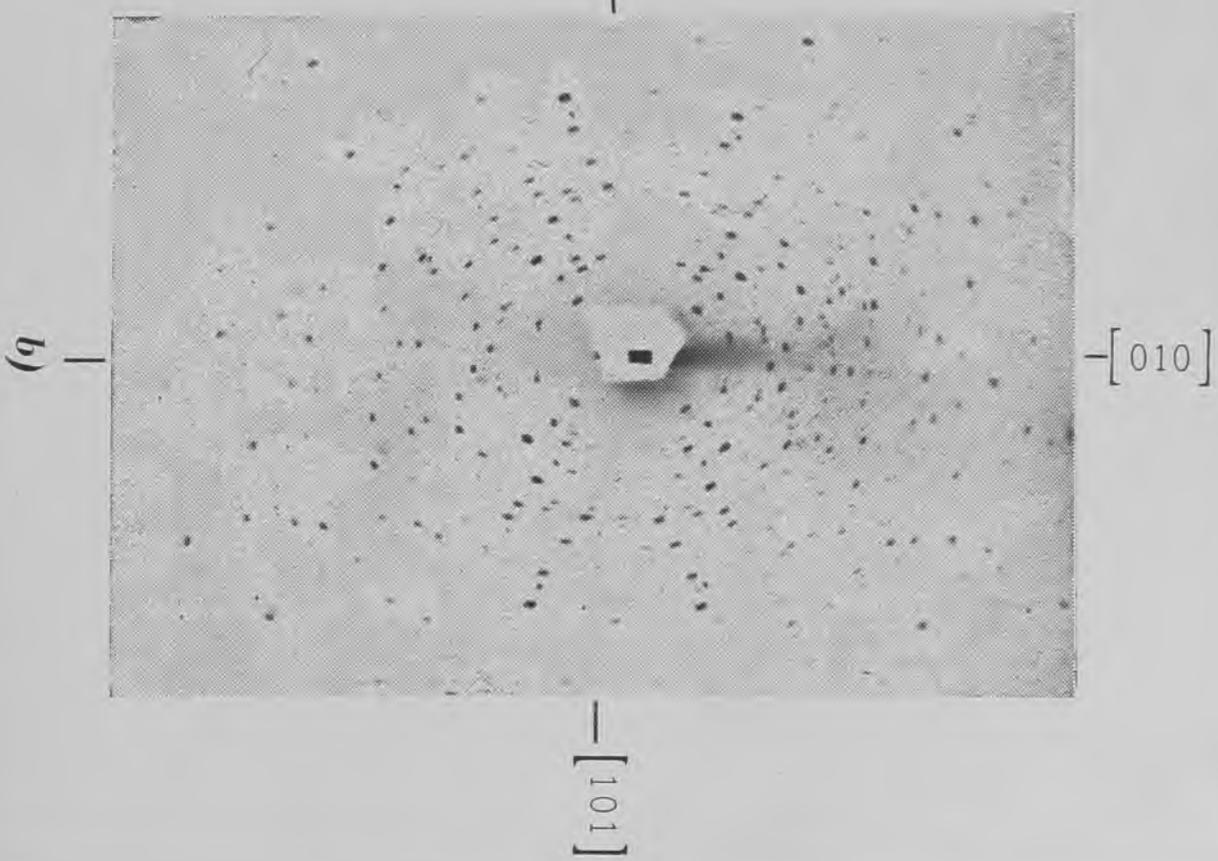
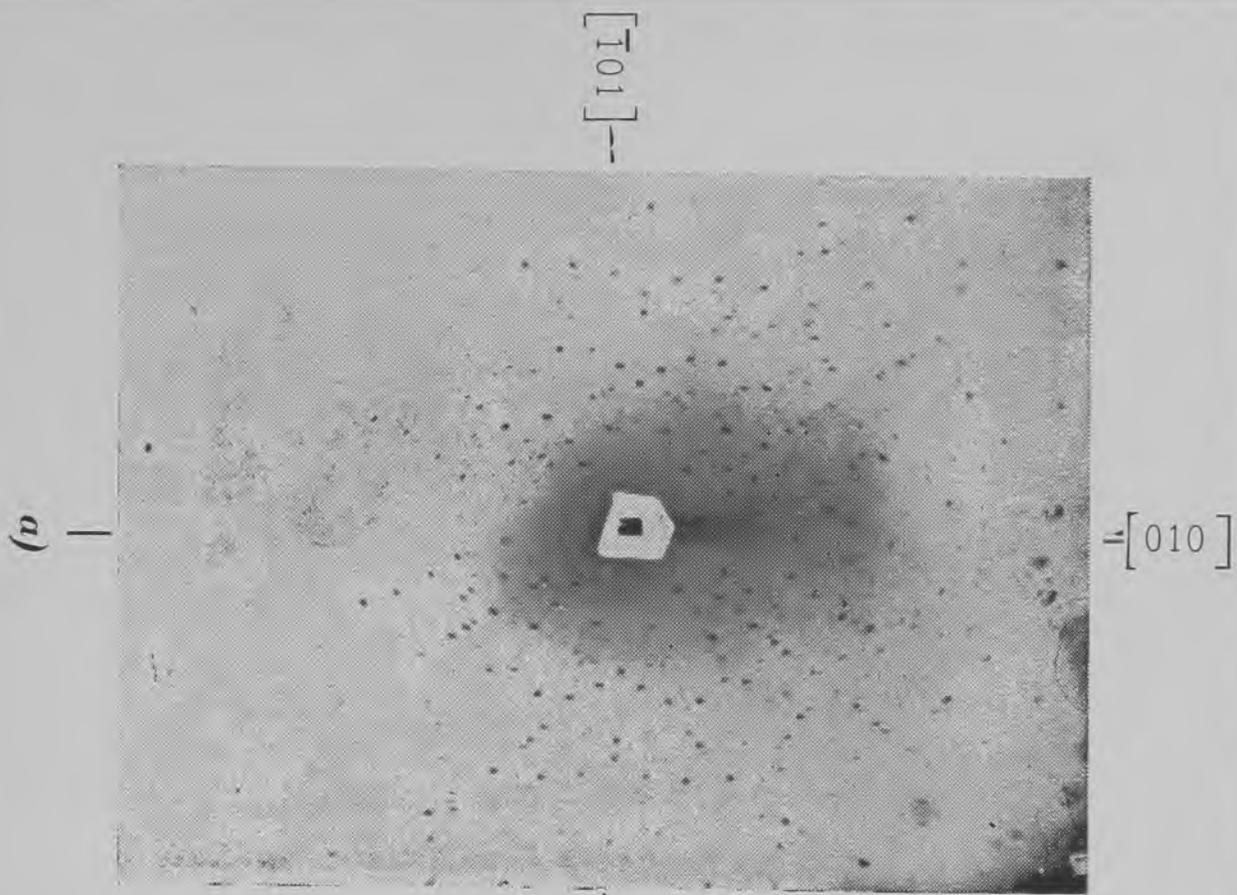


[101]

QUADRO II

EXPLICAÇÕES DO QUADRO II

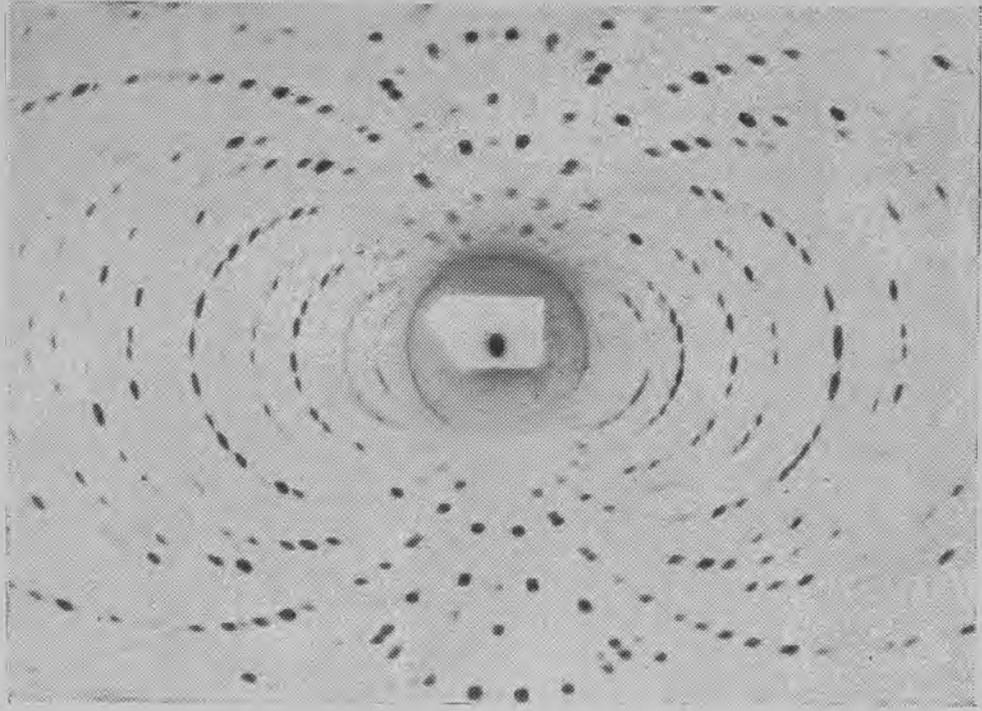
- a)* Leucita, laue segundo (101). Radiações K_{Mo} ; $D = 5$ cm.
- b)* Leucita, laue segundo ($10\bar{1}$). Radiações K_{Mo} ; $D = 5$ cm.



QUADRO III

EXPLICAÇÕES DO QUADRO III

- a*) Crystal de leucita proveniente da pozzolana de Castel Madama (Tivoli), secção paralela a uma face de cubo a 45° entre nicols encruzados $\mathbf{a} - \mathbf{a}$, $\mathbf{a}' - \mathbf{a}'$ direcções dos eixos do cubo.
- b*) Photographia do laue segundo a parte central da faixa indicada com 1 na figura *a*). Radiações K_{Mo} ; $D = 7$ cm.



b)



a)

SUMMARIUM

LEUCITAE INDAGATIO RONTGENOGRAPHICA

Ex investigatione peracta leucitam efficitur metasilicati $\text{KA1 (SiO}_3)_2$ monoclinicam conformationem constantibus $a:b:c = 1:1:1,054$ $\beta=90^\circ$ insignem esse.

Quod attinet ad x et z , extinctionis angulus sic indeprehensibilis est ut praecipui opticae intentionis ductus cum crystallographicis axibus experiendo congruant.

Ergo metallum ad opticam naturam rhombicae rationi et ad syngoniam tetragonali finitimum est.

Estudo Morphologico e Estatistico da Phenacita de S. Miguel de Piracicaba

(10 figuras no texto e 2 quadros)

R. Saldanha

I

As jazidas de S. Miguel de Piracicaba, no centro do estado de Minas Geraes, foram estudadas por EUGENIO HUSSAK (1), por indicação do engenheiro de minas L. CAVALIER DE DARBILLY, que encontrou a primeira amostra classificada por aquelle, no local da mina de ouro então alli explorada.

A phenacita, como bem descreveu HUSSAK no seu trabalho, ocorre em veios de pegmatito com a superficie exterior completamente alterada.

E' rico o veio em mica verde, apresentando tambem grandes crystaes de amazonita e mais quartzo hyalino e quartzo enfumado. Raramente se encontra a turmalina (var. aphrisita) e excepcionalmente monazita, zirconio, columbita, oligisto, pyrita e granada almandina. HUSSAK cita a occurrencia de xenotima num crystal de 6m/m de aresta, com habitus pseudo-cubico pelo equal desenvolvimento do pinacoide basal e das faces do prisma; chama ainda a attenção para a ausencia de topazio, agua marinha e mais mineraes typicos de outros pegmatitos brasileiros, nos veios por elle estudados.

A phenacita apresenta-se em crystaes quasi sempre bi-terminados, ultrapassando em certos casos 10 cm. na maior dimensão

(1) E. HUSSAK — *Uma nova jazida de phenakita no Brasil* — *Annaes da Escola de Minas de Ouro Preto*, n.º 15, pg. 16 - 18, edição em 1917. *Cent. f. Min.*, 1909, pg. 268.

(2) Encontram-se soltos no pegmatito alterado, mas incompletos na parte que esteve anteriormente engastada.

Além de muitos exemplares opacos, de côr branco-leitosa, são numerosos os incolores e de bella transparencia, em especial os que não excedem 1 cm. de diametro e são empregados para a lapidação como pedra semi-preciosa.

E. HUSSAK tendo estudado com desvelo as jazidas, não se preocupou de modo identico com a morphologia. Os demais que, contemporanea ou posteriormente, voltaram-se para esse lado, tiveram ao dispor numero restricto de exemplares; ficou a parte morphologica para ser estudada em detalhe, por quem dispusesse de farto material.

Propuzemo-nos este trabalho, graças á gentileza dos professores THEODORO VAZ (3) e ODORICO DE ALBUQUERQUE, da Escola de Minas (Ouro Preto), aos quaes devemos o offerecimento de grande numero de amostras ao nosso Museu.

As primeiras pesquisas crystallographicas de HUSSAK foram seguidas, quasi contemporaneamente, por F. SLAVIK (4) e V. GOLDSCHMIDT e R. SCHRÖDER (5). Logo após appareceram os trabalhos de K. ZIMÁNYI (6) e G. F. H. SMITH (7) e mais recentemente os de H. BUTTGENBACH (8) e M. V. ROSICKY (9).

Todos esses autores, não podendo dispor de muito material (algumas vezes 1 ou 2 amostras), apresentaram relações de fórmulas encontradas que, como é natural, não podiam coincidir completamente. E' de extranhar, entretanto, que no estudo de HUSSAK esteja comprehendido o rhomboedro $\{321\}$ não comprovado por nenhum dos que o succederam e que não conseguimos, tampouco,

(2) Encontra-se em nosso Museu um exemplar que mede $10^{\text{cm}},5 \times 7^{\text{cm}} \times 3^{\text{cm}},5$ pertencente á collecção Araujo Ferraz.

(3) Agradecemos tambem ao prof. THEODORO VAZ o auxilio que prestou com a remessa de trabalho já exgotado.

(4) F. SLAVIK — *Phenakit von Brasilien* — Zeit. f. Krist. 50, 1912, pg. 647. Cent. f. Min. u. Geol., 1909, pgs. 264-267.

(5) V. GOLDSCHMIDT u. R. SCHRÖDER — *Phenakit aus Brasilien* — Zeit. f. Krist., 46. 1909, pgs. 465 - 470.

(6) K. ZIMÁNYI — *Über den Phenakit aus Brasilien* — Zeit. f. Krist., 47, 1910, pgs. 97 - 103.

(7) G. F. H. SMITH — Cent. f. Min., 1910, pg. 189 e em nota (9).

(8) H. BUTTGENBACH — *Bulletin de la classe des Sciences, Bruxellas*, 1924, t. X (5.^a série) pgs. 456 - 461.

(9) M. V. ROSICKY — *Sur la phenacite den San Miguel de Piracicaba, Minas Geraes, (Brésil)* — Bul. de la Soc. Fr. de Min., L., 1927, pgs. 47 - 55.

encontrar no grande numero de crystaes por nós medidos; ainda é digno de nota que HUSSAK não tenha verificado a existencia de fórmulas muito communs na phenacita de S. Miguel de Piracicaba, como $\{22\bar{1}\}$, $\{210\}$, $\{201\}$ e $\{2\bar{1}0\}$, presentes sempre nos exemplares dessa localidade.

No trabalho de HUSSAK não está indicado o criterio por elle seguido para a orientação dos crystaes. Os demais, como GOLDSCHMIDT e SCHRÖDER, ZIMÁNYI e ROSICKÝ, empregaram as fórmulas negativas $\{12\bar{1}\}$ e $\{31\bar{2}\}$, de posições inversas uma da outra e que tomaram (os symbolos o demonstram) como direita e esquerda, respectivamente.

Julgamos preferivel seguir criterio diverso, como veremos mais adiante, escolhendo entre os rhomboedros de 3.^a ordem aquelles que possuíam maior frequencia e bom desenvolvimento. Note-se que chegamos, partindo de pontos differentes, ao mesmo resultado final.

A lista completa das fórmulas encontradas, entre os varios estudos acima citados, para a phenacita do Brasil comprehende ao todo 26:

$$\begin{aligned} \{10\bar{1}0\} &= \{2\bar{1}\bar{1}\}, \{11\bar{2}0\} = \{10\bar{1}\}, \{10\bar{1}1\} = \{100\} \\ \{10\bar{1}2\} &= \{411\}, \{01\bar{1}1\} = \{22\bar{1}\}, \{01\bar{1}2\} = \{110\}, \\ \{1\bar{1}23\} &= \{210\}, \{2\bar{1}\bar{1}3\} = \{201\}, \{22\bar{4}3\} = \{31\bar{1}\}, \\ \{4\bar{2}23\} &= \{3\bar{1}1\}, \{21\bar{3}1\} = \{20\bar{1}\}, \{3\bar{1}21\} = \{2\bar{1}0\}, \\ \{12\bar{3}2\} &= \{21\bar{1}\}, \{13\bar{2}2\} = \{12\bar{1}\}, \{23\bar{5}2\} = \{31\bar{2}\}, \\ \{32\bar{5}4\} &= \{4\bar{1}\bar{1}\}, \{5\bar{2}34\} = \{4\bar{1}1\}, \{43\bar{7}7\} = \{62\bar{1}\}, \\ \{21\bar{3}4\} &= \{310\}, \{13\bar{4}4\} = \{32\bar{1}\}, \{3\bar{7}45\} = \{25\bar{2}\}, \\ \{10,13,2\bar{3}, 18\} &= \{17,7,\bar{6}\}, \{5,6,\bar{1}\bar{1},11\} = \{94\bar{2}\}, \\ \{5,6,\bar{1}\bar{1},10\} &= \{26,11,7\}, \{23,2,\bar{2}\bar{5}, 18\} = \{22,\bar{1},\bar{3}\}, \\ \{45\bar{9}6\} &= \{19,7,\bar{8}\} \end{aligned}$$

Fazendo a determinação em crystaes, escolhidos entre o grande numero de que dispunhamos, chegamos não só a comprovar a occurencia de fórmulas assignaladas sómente por um dos outros autores, como a registrar 29 fórmulas novas para a phenacita do Brasil, das quaes 24 são tambem novas para a especie (embora algumas preferamos apresentar sob fórmula interrogativa).

Diante dos resultados atingidos é que julgamos opportuno publical-os, contribuindo assim para um conhecimento mais completo do mineral em questão.

Servimo-nos, para o estudo, dos pequenos exemplares porque nos permittiam medidas mais exactas e apresentavam, mesmo nos que não excediam a 3 ou 5 m/m de tamanho, um extraordinario numero de faces. Dispondo como dissemos, de muitas dezenas de crystaes pudemos escolher aquelles cuja perfeição e limpidez se destacavam.

As formas cuja existencia verificamos são as seguintes (10):

$m \{ 10\bar{1} \}$, $a \{ 2\bar{1}\bar{1} \}$, $b \{ 3\bar{1}\bar{2} \}$ ** (2), $n \{ 5\bar{1}\bar{4} \}$ *, $n' \{ 5\bar{4}\bar{1} \}$ *
 $R \{ 100 \}$ - $r \{ 411 \}$
 $R' \{ 22\bar{1} \}$, $r' \{ 110 \}$, $c \{ 11\bar{1} \}$ **, $j \{ 441 \}$ *
 $p \{ 210 \}$ o $\{ 3\bar{1}\bar{1} \}$, $d \{ 52\bar{1} \}$ *, $v \{ 11,2,\bar{7} \}$ *
 $p' \{ 201 \}$, $o' \{ 3\bar{1}1 \}$, $d' \{ 5\bar{1}2 \}$ *, $t \{ 312 \}$ *, $z \{ 713 \}$ *?,
 $x \{ 714 \}$ *?, $y \{ 534 \}$?
 $s \{ 20\bar{1} \}$, $s' \{ 2\bar{1}0 \}$, $e \{ 21\bar{1} \}$, $e' \{ 12\bar{1} \}$, $f \{ 31\bar{2} \}$ $f' \{ 13\bar{2} \}$ *,
 $g \{ 43\bar{1} \}$ **, $g' \{ 34\bar{1} \}$ **, $k \{ 62\bar{1} \}$, $k' \{ 6\bar{1}2 \}$ *, $h \{ 41\bar{1} \}$,
 $h' \{ 4\bar{1}1 \}$ l $\{ 310 \}$, $q \{ 14\bar{3} \}$ *, $u \{ 52\bar{4} \}$ **, $w \{ 651 \}$ *?,
 $\omega \{ 78\bar{3} \}$ *?, $i \{ 85\bar{1} \}$ *, $\alpha \{ 831 \}$ *, $\epsilon \{ 8\bar{1}2 \}$ *?, $\eta \{ 27\bar{5} \}$ *,
 $\lambda \{ 10,7,\bar{1}\bar{1} \}$ *?, $H \{ 14,4,\bar{3} \}$ *, $H_1 \{ 14,\bar{3},4 \}$ *, $K \{ 10,\bar{2},3 \}$ *,
 $K_1 \{ 16,5,3 \}$ *

(**) As fórmias assim assignaladas são novas para phenacita do Brasil.

(*) As fórmias assim assignaladas são novas para especie.

Na relação geral é facil distinguir as 5 fórmias novas para a phenacita do Brasil e as 24 fórmias novas para o mineral como apreciar a extraordinaria multiplicidade de fórmias presentes.

De outra parte não nos foi possivel comprovar quanto aos trabalhos sobre exemplares da phenacita de São Miguel de Piracicaba a existencia das formas $\{ 32\bar{1} \}$ citada por E. HUSSAK, $\{ 19,7,\bar{8} \}$

(10) Usamos aqui os indices referidos ao systema a tres eixos do trigonal. Para commodidade de consulta damos na tabella de valores angulares os correspondentes da cruz axial bravaisiana.

TABELLA DOS VALORES ANGULARES

INDICES		NUMERO DE MEDIDAS	ANGULOS MEDIDOS			ANGULOS CALCULADOS
HEXAGONAL	TRIGONAL		MAXIMO	MINIMO	MEDIO	
{ 1232 } : { 1120 }	{ 211 } : { 101 }	22	45°48'	45°40'	45°44'	45°45'
{ 1232 } : { 1010 }	{ 211 } : { 211 }	4	57°42'	57°40'	57°41'	57°31'
{ 1232 } : { 0110 }	{ 211 } : { 112 }	4	47°49 1/2'	47°48 1/2'	47°49'	47°49 1/2'
{ 1232 } : { 1210 }	{ 211 } : { 011 }	12	62°28'	62°11'	62°17 1/2'	62°16'
{ 1232 } : { 1011 }	{ 211 } : { 100 }	4	27°46'	27°45'	27°45 1/2'	27°43'
{ 1232 } : { 0111 }	{ 211 } : { 221 }	8	14°53'	14°45'	14°49 1/4'	14°49 1/2'
{ 1232 } : { 0112 }	{ 211 } : { 110 }	15	26°22'	26°11'	26°16,	26°15'
{ 1232 } : { 2243 }	{ 211 } : { 311 }	7	8°34 1/2'	8°19'	8°25 1/2'	8°26'
{ 1232 } : { 2131 }	{ 211 } : { 201 }	16	25°39'	25°15'	25°20 1/2'	25°23'
{ 2352 } : { 1120 }	{ 312 } : { 101 }	7	31°54'	31°24'	31°40'	31°38'
{ 2352 } : { 1011 }	{ 312 } : { 100 }	3	34°8'	34°	34°5'	34°12'
{ 2352 } : { 0112 }	{ 312 } : { 110 }	6	40°31'	40°4'	40°15'	40°23'
{ 2352 } : { 2131 }	{ 312 } : { 201 }	1	—	—	16°25'	16°1'
{ 2532 } : { 1232 }	{ 132 } : { 211 }	1	—	—	35°50'	35°49'
{ 1456 } : { 0112 }	{ 431 } : { 110 }	9	10°39'	10°13'	10°26'	10°25'
{ 1456 } : { 1232 }	{ 431 } : { 211 }	3	16°30'	15°42'	15°59'	15°52'
{ 1456 } : { 2352 }	{ 431 } : { 312 }	4	29°56'	29°54'	29°55'	29°58'
{ 3254 } : { 1232 }	{ 411 } : { 211 }	1	—	—	13°	13°
{ 2134 } : { 1102 }	{ 310 } : { 101 }	1	—	—	30°9'	30°12'
{ 2134 } : { 1232 }	{ 310 } : { 211 }	1	—	—	22°6'	22°15'
{ 1231 } : { 1120 }	{ 524 } : { 101 }	2	28°42'	28°24'	28°33'	28°21 1/2'
{ 1234 } : { 0112 }	{ 851 } : { 110 }	2	9°34'	9°32'	9°33'	9°39 1/2'
{ 1234 } : { 3254 }	{ 851 } : { 411 }	1	—	—	16°9'	16°2'
{ 5,2,7,12 } : { 1123 }	{ 831 } : { 210 }	2	5°50'	5°39'	5°44 1/2'	5°46'
{ 5,2,7,12 } : { 2113 }	{ 831 } : { 201 }	2	17°45'	17°26'	17°35 1/2'	17°30 1/2'
{ 3742 } : { 1210 }	{ 143 } : { 011 }	2	24°34'	23°32'	24°3'	23°44'
{ 5,12,7,4 } : { 2532 }	{ 275 } : { 132 }	1	—	—	4°23'	4°26'
{ 1,4,5,12 } : { 0112 }	{ 651 } : { 110 }	1	—	—	5°49'	5°48'
{ 1,4,5,12 } : { 0112 }	{ 651 } : { 210 }	1	—	—	9°5'	9°55'
{ 1,1,10,12 } : { 0111 }	{ 783 } : { 221 }	1	—	—	4°33'	4°9'

INDICES		NUMERO DE MEDIDAS	ANGULOS MEDIDOS			ANGULOS CALCULADOS
HEXAGONAL	TRIGONAL		MAXIMO	MINIMO	MEDIO	
{ 1010 } : { 4150 }	{ 211 } : { 312 }	1	—	—	11°1'	10°54'
{ 2110 } : { 3120 }	{ 110 } : { 541 }	1	—	—	10°46½'	10°54'
{ 1011 } : { 1010 }	{ 100 } : { 211 }	22	52°41'	52°37½'	52°38¾'	52°38¾'
{ 1011 } : { 0110 }	{ 100 } : { 112 }	5	72°25'	72°18'	72°23'	72°20'
{ 1011 } : { 1101 }	{ 100 } : { 010 }	33	63°31'	63°19'	63°24'	63°24'
{ 0111 } : { 1011 }	{ 221 } : { 100 }	27	35°22'	35°15'	35°19½'	35°19'
{ 0112 } : { 0111 }	{ 110 } : { 221 }	24	16°31'	16°15'	16°29'	16°28'
{ 0112 } : { 1102 }	{ 110 } : { 101 }	28	36°4'	35°56'	35°58'	35°58½'
{ 0221 } : { 1120 }	{ 111 } : { 101 }	2	43°32'	42°48'	43°10'	43°34'
{ 0113 } : { 0112 }	{ 441 } : { 110 }	1	—	—	6°17'	6°38'
{ 1123 } : { 1120 }	{ 210 } : { 101 }	28	66°21'	66°07'	66°13'	66°13'
{ 1123 } : { 0112 }	{ 210 } : { 110 }	52	11°52'	11°30'	11°37'	11°38'
{ 1123 } : { 0111 }	{ 210 } : { 221 }	102	20°9½'	19°59'	20°4'	20°4'
{ 1123 } : { 1540 }	{ 210 } : { 123 }	1	—	—	72°24'	72°15'
{ 1123 } : { 2113 }	{ 210 } : { 201 }	123	23°20'	23°10'	23°15²/³	23°16'
{ 1123 } : { 1213 }	{ 210 } : { 102 }	12	40°58'	40°49'	40°52'	40°53'
{ 1123 } : { 1123 }	{ 210 } : { 012 }	16	47°50'	47°26'	47°32'	47°34'
{ 2243 } : { 1120 }	{ 311 } : { 101 }	12	48°54'	48°15'	48°38'	48°36'
{ 2243 } : { 1011 }	{ 311 } : { 100 }	12	19°26'	19°8'	19°18'	19°18'
{ 2243 } : { 1123 }	{ 311 } : { 210 }	6	17°45'	17°4'	17°37'	17°36'
{ 1122 } : { 1011 }	{ 521 } : { 100 }	1	—	—	17°38'	17°39½'
{ 1122 } : { 1123 }	{ 521 } : { 210 }	1	—	—	9°28'	9°40'
{ 3362 } : { 1120 }	{ 11,2,7 } : { 101 }	3	27°1'	25°49'	26°21'	26°45'
{ 2116 } : { 1123 }	{ 312 } : { 210 }	3	21°2'	19°50'	20°40'	20°28'
{ 2116 } : { 2113 }	{ 312 } : { 201 }	3	11°20'	11°14'	11°17'	11°22'
{ 2116 } : { 0112 }	{ 312 } : { 110 }	1	—	—	24°20'	24°10'
{ 2131 } : { 1120 }	{ 201 } : { 101 }	95	28°26'	28°17'	28°21½'	28°21½'
{ 2131 } : { 2110 }	{ 201 } : { 110 }	3	54°6'	54°2'	54°4'	54°5'
{ 2131 } : { 1010 }	{ 201 } : { 211 }	18	32°9'	32°2'	32°7¹/³	32°8'
{ 2131 } : { 1011 }	{ 201 } : { 100 }	95	29°59'	29°50'	29°56²/⁷	29°56½'

NOTA — Os valores angulares constantes do texto não estão incluídos nesta tabela.

por G. F. H. SMITH e $\{2\bar{5}2\}$ por M. V. ROSICKÝ. Ha a acrescentar nesta lista as pequenas faces encontradas por este ultimo $(22,1,\bar{3})$ e $(26,11,\bar{7})$, a indices complicados; a segunda pode-se confundir com a face $(94\bar{2})$ assignalada por H. BUTTGENBACH, como bem accentúa ROSICKÝ, si admittirmos, dadas as medidas aproximativas, um erro angular superior a 2.^o Como tambem conclue o mesmo autor a fórmula $t b^{1/2} d' d^{1/3}$ dada por H. BUTTGENBACH como nova deve ser $\{31\bar{2}\}$ que se encontra nas relações de F. SLAVIK, V. GOLDSCHMIDT e R. SCHRÖDER e V. ZIMÁNYI, a duvida tendo surgido da diversidade de notações seguidas.

Quanto á forma $\{17,7,\bar{6}\}$ citada por V. ZIMÁNYI encontramos a direita correspondente sobre a zona $[\bar{4}21]$ sem poder contudo controlal-a; não a cito, por tal motivo, nem mesmo como duvidosa.

Julgamos preferivel seguir criterio diverso do adoptado quer por GOLDSCHMIDT e SCHRÖDER e ZIMÁNYI como por ROSICKÝ, para a orientação dos crystaes. De facto as fórmulas negativas $\{12\bar{1}\}$ e $\{31\bar{2}\}$, uma direita e outra esquerda (que têm aliás na phenacita do Brasil as suas correspondentes $\{21\bar{1}\}$ e $\{13\bar{2}\}$, esquerda e direita respectivamente) são faces de pequena frequencia. Pareceu-nos melhor empregar, para a orientação, entre os rhomboedros de 3.^a ordem, as faces bem desenvolvidas e de grande frequencia, dando optimas imagens, faces essas que orientamos como positivas e assumiram os symbolos $\{20\bar{1}\}$ e $\{2\bar{1}0\}$. Determinadas por esta maneira as zonas caracteristicas, tornava-se facil fixar a posição e calcular os indices de todas as demais.

Si mudarmos a orientação escolhida será de tal ordem a complicação dos indices que só esse facto demonstra as vantagens de criterio adoptado.

Os demais autores tomando como referencias faces diferentes chegaram, comtudo, ao mesmo resultado como é facil verificar pela comparação das fórmulas predominantes citadas por uns e por outros. Os dois rhomboedros escolhidos $\{20\bar{1}\}$ e $\{2\bar{1}0\}$, por exemplo, transformar-se-iam, com uma rotação de 60° em torno do A_3 , nos negativos $\{5\bar{2}\bar{4}\}$ e $\{5\bar{4}\bar{2}\}$, só excepcionalmente determinados e dos quaes apenas encontramos o primeiro, como raro e de difficil verificação.

Na phenacita de S. Miguel de Piracicaba a zona $[111]$ é constante e muito desenvolvida dando em alguns casos aos crystaes o habitus prismatico bem pronunciado. Na maioria das vezes, entretanto, o crescimento em relação ao eixo dos "z" não é predominante e a phenacita se reveste de um habitus achatado com grande multiplicidade de fórmulas rhomboedricas.

O prisma mais desenvolvido é o de 2.^a ordem, apresentando-se com todas as suas faces em todos os exemplares observados, sem excepção. O de 1.^a ordem é também bastante desenvolvido, mas a sua frequencia inferior á de $\{10\bar{1}\}$ e o crescimento das faces inferior ao daquelle. Quando se accentúa o habitus prismatico (fig. 1) a differença cresce até attingir o desaparecimento do prisma de 1.^a ordem. Dos prismas de 3.^a ordem pudemos verificar a existencia de $\{3\bar{1}\bar{2}\}$ (novo para a phenacita desta proce-

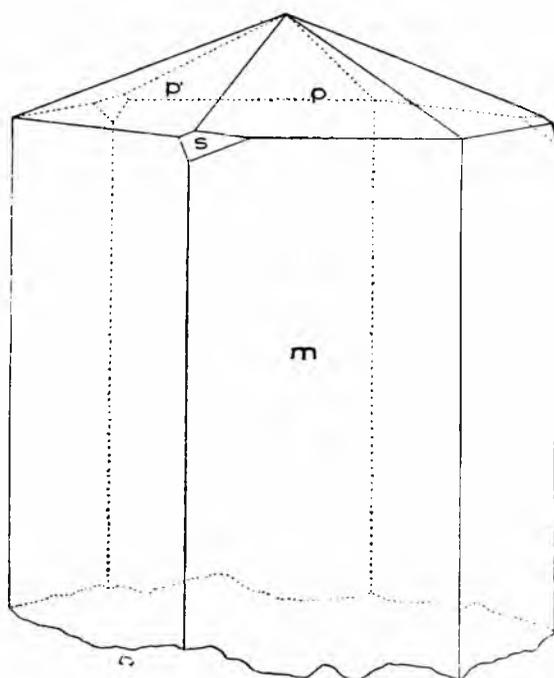


Fig. 1

dencia) em pequena faceta de reflexo muito fraco porém nitido. Dois prismas, $\{5\bar{1}\bar{4}\}$ e $\{5\bar{4}\bar{1}\}$, novos para a especie, também foram por nós assignalados; pudemos controlar a sua determinação por meios das zonas $[132]$ e $[12\bar{3}]$.

As faces de prisma mostram muitas vezes forte estriatura paralela a $[111]$ dando ao goniometro imagens multiplas que eliminam a precisão das medidas; dificuldade do mesmo genero é provocada pela occorrença de faces vicinaes. Outras vezes, entretanto, são lisas, brilhantes e bem definidas, com reflexos perfectos.

Dos rhomboedros offerecem mais desenvolvimento as faces de $\{210\}$ e $\{201\}$, emprestando aos exemplares o seu habitus caracteristico bi-terminado.

E' commum estarem cobertas por figuras de corrosão bem forte, facilmente visiveis, já descriptas por ZIMÁNYI (11) e assignadas por ROSICKÝ (12). Este ultimo autor chama a atenção para o facto de serem $\{210\}$ e $\{201\}$ desegualmente desenvolvidas; isto acontece, na realidade, em alguns crystaes. Pela observação de maior numero de individuos pudemos, porém, constatar que ora predomina a direita, ora a esquerda e na maior parte dos casos não ha predominancia; podemos, consideral-as estatisticamente não só de igual persistencia como de igual desenvolvimento.

Dois outros rhomboedro de 2.^a ordem, $\{3\bar{1}1\}$ e $\{31\bar{1}\}$, são facilmente encontrados, mais o direito que o esquerdo: este apresenta, porém, quando medido, faces de desenvolvimento medio e bons reflexos. A fórma $\{31\bar{1}\}$ em 50% dos casos nos deu faces do mesmo typo e no restante pequenas facetas de difficil determinação.

De grande importancia, pela frequencia e pelo desenvolvimento, são o rhomboedro fundamental $\{100\}$ e o seu alterno $\{2\bar{2}\bar{1}\}$, presentes em quasi todos os crystaes e bem desenvolvidos. Entre os rhomboedros de 1.^a ordem figura $\{411\}$ citado apenas por SLAVIK e não citado mas desenhado por GOLDSCHMIDT e SCHRÖDER; possui facetas muito finas e está presente na maioria dos exemplares: dá medidas difficeis, mas seu controle é feito em qualquer hypothese por uma das muitas zonas de que faz parte. Já o rhomboedro inverso $\{110\}$ si é, ás vezes, encontrado em facetas muito finas dá-nos na maioria dos casos, faces que, além das dimensões, têm contorno nitido e permitem medidas precisas.

Nas zonas formadas por essas faces, medimos com segurança o angulo formado por (100) e (010) e outros identicos para media $63^{\circ} 24'$ Com esse dado calculamos o valor da constante:

$$\alpha = 108^{\circ} 0' 53\frac{1}{3}''$$

Partindo do angulo (100) : $(2\bar{1}\bar{1})$, tambem medido com segurança nos crystaes mais perfeitos, estabelecemos directamente a relação parametrica para os eixos da cruz hexagonal

$$a : c = 1 : 0,6610$$

proximo ao encontrado por Kokscharow e aos obtidos e confirmados pelos outros autores.

(11) Ob. cit., pg. 102.

(12) Ob. cit., pag. 52.

Entre os rhomboedros de 3.^a ordem destacam-se as duas fórmas directas $\{201\}$ $\{210\}$ muito bem desenvolvidas e, como dissemos atraz, de frequencia muito elevada; faces a contornos nitidos e bem limpidos dão optimas imagens. Tambem os dois rhomboedros $\{2\bar{1}\bar{1}\}$ e $\{1\bar{2}\bar{1}\}$, inversos, são dignos de nota e fazem parte das fórmas predominantes no habitus da phenacita dessa jazida. A fórma esquerda não foi encontrada por bôa parte dos mineralogistas que fizeram o estudo morphologico do material da mesma procedencia. Embora não apareça em cerca de metade dos exemplares por nós estudados mostra, todavia, faces de grande desenvolvimento.

Seguem-se, em ordem de importancia, os rhomboedros de 3.^a ordem negativos $\{31\bar{2}\}$ e $\{13\bar{2}\}$ assim como $\{43\bar{1}\}$ e $\{34\bar{1}\}$

Quanto a $\{31\bar{2}\}$ nada temos a acrescentar, porque foi verificada pelos que nos antecederam a constancia da sua occurencia. Já $\{13\bar{2}\}$ é fórma nova para a especie; encontramol-a em facetas nidadas cujos reflexos davam, em certos casos, leituras garantidas.

São novos para a phenacita do Brasil o rhomboedro esquerdo $\{43\bar{1}\}$ e o correspondente direito $\{34\bar{1}\}$; ambos aparecem em pequenas facetas de mau reflexo, mas podem ser facilmente controlados pelas zonas dos typos $[2\bar{1}5]$, $[21\bar{7}]$ e $[11\bar{1}]$.

Além das fórmas até agora descriptas, as demais occorrem em pequenas facetas, não influenciando no habitus do crystal. Apresentam-se entre faces bem desenvolvidas, em zonas definidas tambem sem auxilio do goniometro, e é quasi sempre possivel no decorrer das medidas encontrar outras zonas que controlem os indices a ellas attribuidos.

Fazendo rapido resumo de todos os rhomboedros encontrados registramos os elementos que nos asseguraram a determinação dessas fórmas raras ou pela primeira vez constatadas. Os valores angulares são dados na tabella I.

Rhomboedros de 1.^a ordem — Entre os directos figuram apenas o fundamental $\{100\}$ e $\{411\}$, já citados.

Entre os inversos temos, além de $\{2\bar{2}\bar{1}\}$ $\{110\}$, outros dois de muito fraca persistencia, existentes em um só exemplar cada um delles: $\{111\}$ — novo para a phenacita do Brasil e $\{441\}$ — para a especie.

A face $(11\bar{1})$, além das zonas $[10\bar{1} : 12\bar{1} = 101]$, ou a sua correspondente $[01\bar{1} : 21\bar{1} = 011]$, encontra-se sobre a zona $[1\bar{1}0]$ commum a outras faces de rhomboedros de 1.^a ordem. A face (441) , além desta ultima zona é contida na zona $[100 : 141 = 01\bar{4}]$.

Rhomboedros de 2.^a ordem — Descriptos, como o foram, os dous pares, $\{210\}$ e $\{201\}$, $\{31\bar{1}\}$ e $\{3\bar{1}1\}$ temos a citar $\{52\bar{1}\}$ e $\{5\bar{1}2\}$, ambos novos para especie.

O primeiro foi encontrado duas vezes, sendo que na segunda em face muito desenvolvida, de contorno rectangular perfeito, formando arestas com as faces (100) e $(22\bar{1})$ na zona $[012]$ e $(10\bar{1})$ e (210) na zona $[1\bar{2}1]$. Como verificação fizemos as medidas nas zonas $[11\bar{2} : 21\bar{1} = \bar{1}31]$ e $[2\bar{1}\bar{1} : 41\bar{1} = 1\bar{1}3]$.

A fórmula inversa foi constatada uma só vez, em faceta pequena. Além da zona $[1\bar{2}1]$ pudemos utilizar a zona $[22\bar{1} : 010 = 102]$.

O rhomboedro directo $\{11,2,\bar{7}\}$, pela primeira vez encontrado na phenacita, é de maior frequencia e menor desenvolvimento. Duas zonas permittiram medidas: $[1\bar{2}1]$ comum aos demais de mesmo typo e $[10\bar{1} : 2\bar{1}1 = 153]$.

O rhomboedro inverso $\{312\}$, tambem novo para o mineral em apreço, foi quatro vezes encontrado e, apesar de fracamente desenvolvido, podemos dal-o com a necessaria certeza visto termos recorrido, além da zona $[11\bar{2}]$ a $[210 : 102 = \bar{2}41]$.

Ainda ha a acrescentar $\{7\bar{1}3\}$, $\{714\}$ e $\{534\}$, que assignalamos sob interrogação, todos sobre a zona $[11\bar{2}]$. A face $(7\bar{1}3)$ deu-nos uma leitura de $6^{\circ} 23'$ para o angulo com (201) , havendo uma differença de $16'$ para o angulo calculado. (714) , com a mesma face, um angulo de $4^{\circ} 59'$ para $5^{\circ} 13'$ calculado, E a face (534) , ainda com (201) o angulo de $17^{\circ} 25'$, proximo do valor calculado $17^{\circ} 30'$. Não nos sendo possivel fazer leitura sobre outras zonas e tratando-se de facetas de maus reflexos, encontradas uma unica vez, preferimos annotal-as como duvidosas, em particular por não terem sido ainda registradas para a phenacita.

Rhomboedros de 3.^a ordem — Já assignalamos anteriormente, $\{20\bar{1}\}$, $\{2\bar{1}0\}$, $\{21\bar{1}\}$, $\{12\bar{1}\}$ $\{31\bar{2}\}$, $\{13\bar{2}\}$, $\{43\bar{1}\}$ e $\{34\bar{1}\}$

Outras duas fórmulas $\{41\bar{1}\}$ e $\{4\bar{1}1\}$ já determinadas por ZIMÁNYI, estavam presentes em mais de um dos crystaes estudados.

Para $\{4\bar{1}\bar{1}\}$, servimo-nos das zonas $[20\bar{1} : 210 = 122]$, $[01\bar{1} : 100 = 011]$ e $[2\bar{1}\bar{1} : 110 = 1\bar{1}3]$; para $\{4\bar{1}1\}$ das correspondentes $[2\bar{1}0 : 201 = 12\bar{2}]$, $[0\bar{1}1 : 100 = 011]$ e $[2\bar{1}\bar{1} : 101 = 13\bar{1}]$. Foram as mesmas a que recorreu ZIMÁNYI e as leituras feitas ao goniometro foram mais ou menos proximas:

	SALDANHA	ZIMANYI	CALCULADOS
$(10\bar{1}0) : (32\bar{5}4) - (\bar{2}11) : (4\bar{1}\bar{1})$	$53^{\circ} 48'$	— —	$54^{\circ} 4'$
$(11\bar{2}3) : (32\bar{5}4) - (210) : (4\bar{1}\bar{1})$	$16^{\circ} 13'$	$16^{\circ} 17'$	$16^{\circ} 19'$
$(10\bar{1}1) : (32\bar{5}4) - (100) : (4\bar{1}\bar{1})$	$14^{\circ} 56'$	$14^{\circ} 30'$ ou $38'$	$14^{\circ} 43'$
$(10\bar{1}0) : (5\bar{2}\bar{3}4) - (\bar{2}\bar{1}\bar{1}) : (4\bar{1}\bar{1})$	$53^{\circ} 52'$	$53^{\circ} 44'$	$54^{\circ} 4'$
$(2\bar{1}\bar{1}3) : (5\bar{2}\bar{3}4) - (201) : (4\bar{1}\bar{1})$	$16^{\circ} 1'$	$15^{\circ} 47'$ ou $16^{\circ} 39'$	$16^{\circ} 19'$
$(10\bar{1}1) : (5\bar{2}\bar{3}4) - (100) : (4\bar{1}\bar{1})$	$14^{\circ} 45'$	$14^{\circ} 36'$ ou $14^{\circ} 48'$	$14^{\circ} 43'$

Os dous rhomboedros positivos $\{6\bar{2}\bar{1}\}$ e $\{6\bar{1}\bar{2}\}$ foram determinados trez vezes cada um. O direito faz parte da relação de ZIMÁNYI, mas o esquerdo é novo para a especie. Fizemos as medidas relativas ao primeiro sobre as zonas $[20\bar{1} : 210 = 122]$ e $[2\bar{2}\bar{1} : 100 = 012]$, as mesmas utilizadas por ZIMÁNYI, obtendo resultados bem proximos; quanto ao segundo utilizamos as zonas $[2\bar{1}0 : 201 = 12\bar{2}]$ e $[100 : 2\bar{1}\bar{2} = 021]$. Damos abaixo os valores medios:

	SALDANHA	ZIMANYI	CALCULADO
$(43\bar{7}7) : (10\bar{1}1) - (6\bar{2}\bar{1}) : (100)$	$15^{\circ} 11'$	$15^{\circ} 3'$	$15^{\circ} 23'$
$(43\bar{7}7) : (11\bar{2}3) - (6\bar{2}\bar{1}) : (210)$	$9^{\circ} 56'$	$10^{\circ} 3'$	$10^{\circ} 11\frac{1}{2}'$
$(7\bar{3}47) : (10\bar{1}1) - (6\bar{1}\bar{2}) : (100)$	$15^{\circ} 13'$	— —	$15^{\circ} 23'$
$(7\bar{3}47) : (2\bar{1}\bar{1}3) - (6\bar{1}\bar{2}) : (201)$	$10^{\circ} 15'$	— —	$10^{\circ} 11\frac{1}{2}'$

A fórmula $\{524\}$ é o unico dos rhomboedros inversos (o esquerdo) que correspondem aos direitos $\{20\bar{1}\}$ e $\{2\bar{1}0\}$. Foi assinalado duas vezes e é novo para a phenacita do Brasil (13)

(13) Embora seja discutida a determinação de (524) feita em crystaes de outra procedencia preferimos dal-a unicamente como nova para o material de S. Miguel de Piracicaba.

Apesar de se apresentar em facetas alongadas e finissimas deu valores angulares bem proximos dos calculados.

O rhomboedro positivo direito $\{310\}$ apenas fez parte de um dos crystaes. A sua occurencia confirma, entretanto, a determinação de Slavik, para esta localidade. Não é commum para os crystaes de outras procedencias e fôra assignalada apenas na phenacita de Framont e dos Montes Ilmen.

Seguem-se tres fôrmas de muito fraco desenvolvimento, encontradas duas vezes cada uma e de que pudemos controlar a determinação: $\{85\bar{1}\}$, $\{831\}$ e $\{14\bar{3}\}$, ainda não encontradas no mineral em estudo, desta ou de outra localidade. As medidas relativas a $\{85\bar{1}\}$ foram feitas as zonas $[22\bar{1} : 210 = \bar{1}22]$ e $[110 : 2\bar{1}\bar{1} = 1\bar{1}3]$. Para $\{831\}$ utilizamos $[01\bar{1} : 210 = \bar{1}22]$ e $[2\bar{1}\bar{1} : \bar{1}43 = 1\bar{5}7]$. A face $(14\bar{3})$ encontramos-a sobre as zonas $[01\bar{1} : 110 = \bar{1}11]$ e $[10\bar{1} : 02\bar{1} = 212]$.

Os demais rhomboedros de 3.^a ordem encontrados não nos é possível dal-os com segurança. Quanto a $\{651\}$, embora as medidas fossem feitas sobre duas zonas $[110 : 101 = \bar{1}11]$ e $[210 : 12\bar{1} = 124]$, as imagens fracas e diffusas não nos deram a certeza precisa; o mesmo devemos dizer sobre $\{78\bar{3}\}$, em relação a $[22\bar{1} : 120 = 2\bar{1}2]$ e $[210 : 12\bar{1} = \bar{1}23]$. Já $\{8\bar{1}2\}$, $\{27\bar{5}\}$ e $\{10,7,\bar{1}\bar{1}\}$ não nos permitiram nem mesmo medidas sobre uma segunda zona. Deram-nos, entretanto, aproximações entre os angulos medidos e os angulos calculados, sobre $[100 : 2\bar{1}2 = 021]$, $[0\bar{1}1 : 110 = 111]$ e $[112 : 211 = \bar{1}31]$, respectivamente.

		MEDIDO	CALCULADO
$(10\bar{1}1) : (3\bar{1}\bar{2}3)$	—	$(100) : (8\bar{1}2)$	12° 4' 11° 36'
$(\bar{1}2\bar{1}0) : (5,12,7,4)$	—	$(01\bar{1}) : (27\bar{5})$	27° 28' 27° 10'
$(01\bar{1}0) : (17\bar{6}2)$	—	$(11\bar{2}) : (10,7,1\bar{1})$	22° 11' 22° 56'

As inumeras faces vicinaes existentes na phenacita dessas jazidas dão reflexos multiplos, de difficil separação, não só na zona prismatica como tambem proximas aos rhomboedros, em especial nas zonas de menor importancia.

Dentre as muitas encontradas conseguimos fazer a determinação das pertencentes ás fórmulas $\{16,5,\bar{3}\}$, $\{10,3,\bar{2}\}$, $\{10,\bar{2},3\}$ e $\{14,\bar{3},4\}$, na vizinhança dos rhomboedros $\{41\bar{1}\}$ e $\{62\bar{1}\}$, todos de terceira ordem-positivos.

Sobre a zona $[021 : 120 = \bar{2}12]$ medimos as faces $(\bar{3},16,5)$ e $(2,10,3)$, controlando-as com as zonas $[\bar{1}43 : 134 = 711]$ e $[221 : 12\bar{1} = 4\bar{1}6]$, respectivamente. Sobre a zona $[02\bar{1} : 120 = \bar{2}12]$ fizemos as medidas relativas ás faces $(4,14,\bar{3})$ e $(3,10,\bar{2})$ que também puderam dar medidas na zona $[11\bar{2} : 021 = 5\bar{1}2]$ — a primeira — e na zona $[12\bar{1} : \bar{1}22 = 6\bar{1}4]$ — a segunda.

São os seguintes os valores angulares:

	MEDIDO	CALCULADO
$(\bar{1}9,11,8,18) : (\bar{2}113) — (\bar{3},16,5) : (021)$	11° 57'	11° 30'
$(\bar{1}9,11,8,18) : (\bar{5}146) — (\bar{3},16,5) : (\bar{1}43)$	13° 57'	13° 54'
$(\bar{1}2, 7,5,11) : (\bar{2}113) — (\bar{2},10,3) : (021)$	12° 25'	12° 26'
$(\bar{1}2, 7,5,11) : (\bar{3}122) — (\bar{2},10,3) : (\bar{1}21)$	14° 1'	14° 6'
$(\bar{7},12,5,11) : (12\bar{1}3) — (3,10,\bar{2}) : (120)$	12° 30'	12° 26'
$(\bar{7},12,5,11) : (1322) — (3,10,\bar{2}) : (121)$	14° 17'	14° 6'
$(\bar{1}0,17,7,15) : (\bar{2}113) — (4,14,\bar{3}) : (021)$	29° 47'	29° 12'
$(\bar{1}0,17,7,15) : (12\bar{1}3) — (4,14,\bar{3}) : (120)$	13° 30'	13° 30'

Já vimos anteriormente que pouco varia o habitus da phenacita das jazidas de S. Miguel de Piracicaba, a não ser quando é maior o crescimento na direcção do A_3 e, em consequência, diminue a riqueza de faces rhomboedricas (combinações n.º 1 e 2). Nos crystaes prismaticos achatados que poderíamos dizer de habitus rhomboedricos as combinações variam muito e o numero de faces augmenta nos individuos de pequenas proporções.

Na tabella II annotamos as diversas combinações e nella podemos ver quaes as fórmulas que possuem maior persistencia. Em maior numero as fórmulas occorrem num ou noutro crystal e além de raras, são de muito fraco desenvolvimento.

As fórmulas que se desenvolvem, sem excepção, em todos os crystaes são: o prisma de 2.^a ordem $\{10\bar{1}\}$, os dous rhomboedros

de 2.^a ordem $\{210\}$ e $\{201\}$ e o rhomboedro de 3.^a ordem, positivo, $\{201\}$

O desenvolvimento dessas fórmulas é proporcional às dimensões dos crystaes, com prejuizo muitas vezes da existencia das demais.

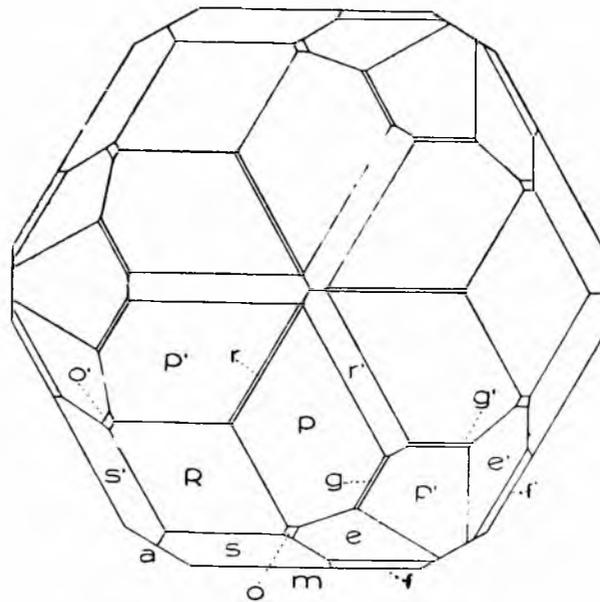
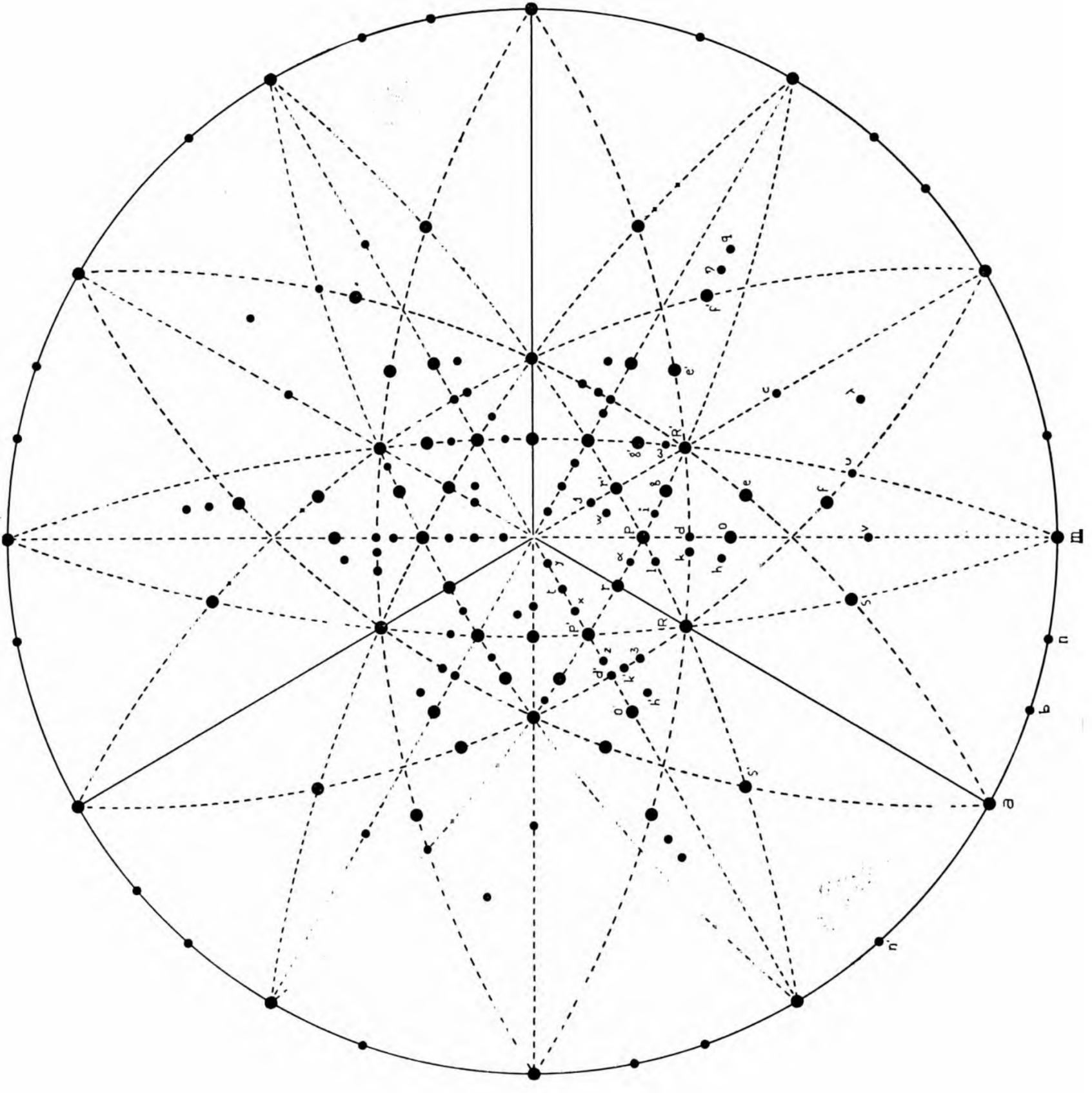


Fig. 2

Na fig. 2 desenhamos, projectadas sobre o plano (111), as fórmulas frequentes da phenacita de S. Miguel de Piracicaba, proporcionalmente ao seu desenvolvimento médio, mostrando a distribuição dos rhomboedros mais persistentes e das zonas características.

QUADRO I



II

A phenacita é mineral que apresenta na sua crystallisação um grande numero de fórmãs, accrescida a relação com as que tivemos a oportunidade de determinar. Foi verificado por PARKER, segundo informa H. BRASSEUR (14), que entre cerca de 700 listas de fórmãs citadas por V GOLDSCHMIDT (15) apenas 28 possuem mais de 100 fórmãs. A phenacita não attinge este numero pois sommam 70 todas as determinadas por varios autores (16), em

(14) H. BRASSEUR — *Sur la morphologie de l'azurite* — Zeit. f. Krist. 77. 1931, pgs., 177 - 238. Citação na pag. 179.

(16) Além da bibliographia citada nas paginas precedentes (notas 1 e 9), tambem consultamos:

E. S. DANA — *A system of Mineralogy* — 1837-1868, pgs. 462-463.

C. HINTZE — *Handbuch der Mineralogie*, II Bd., 1897, pgs. 38-43.

BEYRICH — Pogg. Ann. 34, 1835, pg. 519; 41, 1837, pg. 323 (GOLDSCHMIDT, Index Kryst. 2, 1890, pg. 464.

ROSE u. RIESS — Pogg. Ann., 69, 1846, pg. 145 (HINTZE, Handbuch, d. Min., 2, pg. 41).

G. SELIGMANN — *Ueber Schweizer Phenakit* — Zeit, f. Krist., 13, 188, pg. 65. Neus Jahrb. f. Min. Geol. u. Pal., 1, 1880, pg. 129.

M. WEBSKY — *Ueber das Vorkommen von Phenakit in der Schweiz* — Zeit. f. Krist. 7, 1883, pgs. 107-108.

Monatsbeder. d. Berl. Akad., 17. Nov. 1881, S. 1007.

G. SELIGMANN — *Krystallographische Notizen* — Zeit. f. Krist., 6, 1882, pg. 102.

W CROSS u. W J. HILLEBRAND — *Einige interessante Mineralvorkommen von Pike's Peak, Colorado* — Zeit. f. Krist., 7, 1883, pg. 431.

Amer. Journ. Sc. (3) 24, pg. 281.

material de diversas procedencias. E' contudo de grande riqueza morphologica, especialmente si levarmos em conta que, dada a sua symetria trigonal e sua classe rhomboedrica, cada fôrma possui 6 faces, tanto os prismas como os rhomboedros. Si se tratasse de mineral a symetria mais baixa, como por exemplo a azurita, a um mesmo numero de fôrmas não corresponderia uma tal multiplicidade de faces.

- G. SELIGMANN — *Mineralogische Beobachtungen* — Zeit. f. Krist., 7, 1883, pgs. 107-108.
- W. E. HIDDEN — *Mineralogische Notizen* — Zeit. f. Krist. 12, 1887, pgs. 506-507.
Amer. Journ. Sc., 32, Sept. 1886, pg. 204.
- S. L. PENFIELD — *Phenakit von Colorado* — Zeit. f. Krist., 12, 1887, pgs. 635-637.
Amer. Journ. Sc., 33, Feb. 1887, pg. 130.
- A. DES CLOIZEAUX — *Note sur la phenacite de Colorado et de Framont* — Bul. de la Soc. Fr. de Min., 9, 1886, pgs. 171-175.
- S. L. PENFIELD u. E. S. SPERRY — *Mineralogische Notizen* — Zeit. f. Krist., 17, 1890, pg. 406.
Amer. Journ. Sc., 36, Nov. 1888, pgs. 317-331.
- P. HAUTEFEILLE u. A. PERREY — *Darstellung von Phenakit und Smaragd* — Zeit. f. Krist., 18, 1891, pg. 327.
- W. S. YEATES — *Neue Fundorte von Phenakit* — Zeit. f. Krist., 20, 1892, pg. 410.
Amer. Journ. Sc., 1890, 39, pg. 325-40, pg. 259.
- LACROIX — *Mineral. de France, 1893-1895, 1, pg. 205.*
- A. DES CLOIZEAU et A. LACROIX — *Phenacite de Saint-Christophe-en-Oisans* — Bul. de la Soc. Fr. de Min., 17, 1894, pgs. 33-36.
- C. VRBA — *Mineralogische Notizen, VI (Phenakit von Ober Neusattel)* — Zeit. f. Krist., 24, 1895, pgs. 119-123.
- C. HINTZE — *Ueber Krystallisirten Phenakit aus Schlesien* — Zeit. f. Krist., 28, 1897, pgs. 174-176.
- H. BÄCKSTRÖM — *Ueber Phenakit von Kragerö* — Zeit. f. Krist., 30, 1899, pgs. 352-356.

Não dispondo de dados seguros sobre os exemplares de outras jazidas, limitamo-nos a estudar estatisticamente a phenacita de S. Miguel de Piracicaba, com os elementos por nós mesmo colhidos no presente trabalho. São assim unicamente 44 fórmulas que intervêm na analyse estatística, despresados também os 4 rhomboedros vicinaes que, por se tratar de fórmulas que occorrem anormal e esporadicamente, consideramos de persistencia e desenvolvimento nullos

-
- C. H. WARREN — *Mineralogische Notizen (Pseudomorphosen nach Phenakit von Greenwood, Maine)* — Zeit. f. Krist., 30, 1899, pgs. 598-600.
- W. C. BRÖGGER — *Hellandit von Lindvikskollen bei Kragerö, Norwegen* — Zeit. f. Krist., 42, 1907, 420-421.
- L. J. SPENCER — *Phenakit und andere Mineralien aus Deutsch-Ostafrika* — Zeit. f. Krist., 45, 1908, pg. 292.
Min. Mag. 14, 1906, pgs. 178-183.
- C. PALACHE — *Mineralogische Notizen (Phenakit als Unwandlungsproduct des Danalith von Gloucester, Mass.)* Zeit. f. Krist., 44, 1908, pgs. 17-18.
- F. KOLBECK u. M. HENGLEIN — *Zwei neue Phenakitvorkommen in Schlesien* — Zeit. f. Krist., 49, 1911, pg. 491.
- O. C. FARRINGTON u. E. W. TILLOTSON — *Über verschiedene Mineralien aus der Sammlung in Chicago* — Zeit. f. Krist., 48, 1911, pg. 117.
Field Columbian Museum, Geol. Serv. 3, 1908, pgs. 131-163.
- W. T. SCHALLER — *Krystallographische Notizen über Albit, Phenakit und Neptunit* — Zeit. f. Krist., 48, 1911, pgs. 554-556.
- F. KOLBECK u. M. HENGLEIN — *Ein neues Vorkommen von Phenakit von den Zimmerzgängen von Ehrenfriedersdorf in Erzgebirge* — Zeit. f. Krist., 49, 1911, pg. 484.
- A. RUSSEL — *Über das vorkommen des Phenakits in Cornwall* — Zeit. f. Krist., 53, 1913, pg. 583.
- H. MICHEL — *Künstliche Phenakithrystalle* — Zeit. f. Krist., 53, 1913 pg. 538-569.
- K. MIELEITNER — *Über einige Mineralien von der gregnitz in Fichtelgebirge* — Zeit. f. Krist., 56, 1921, pgs. 94-96.
Mineralogische Sammlung des Staates, München.
- L. WEBER — *Neues Vorkommen von Schweizer Phenakit* — Zeit. f. Krist., 59, 1924, pgs. 493-503.

PERSISTENCIAS DAS FÓRMAS (17)

Nos estudos estatísticos de diversos mineraes realizados por P. NIGGLI (18), R. L. PARKER (19), H. BIÄSCH (20), H. BRASSEUR (21) e F. RODOLICO (22) a persistencia geral de uma fórmula foi calculada pelo numero de vezes que figurava nas combinações encontradas, desde que não possuíam dados mais completos sobre as determinações feitas por outros autores em relação aos mesmos mineraes.

Dispondo nós de todos os elementos sobre a phenacita de S. Miguel de Piracicaba, não nos pareceu justo tal criterio na apreciação da importancia relativa de cada fórmula no desenvolvimento do mineral.

De facto, duas fórmulas que persistem em todas as combinações podem ter valores diferentes na morphologia do crystal porque enquanto uma desenvolve quasi todas as suas faces a outra pode apresentar apenas um pequeno numero destas em cada exemplar.

Achamos assim, assim, preferivel calcular a persistencia geral dividindo o numero de faces que uma fórmula apresentava pelo total $6n$ (n =numero de crystaes examinados) de vezes em que essa fórmula deveria apparecer si possuísse todas as suas faces desenvolvidas.

E' facil a exemplificação na phenacita do Brasil. Tres rhomboedros, $\{210\}$, $\{201\}$ e $\{20\bar{1}\}$, persistem em todas as combinações encontradas. No entretanto, si os de 1.^a ordem mostram o crescimento de quasi todas as faces, o de 3.^a raramente pode mostrar mais de 3 ou 4 das 6 faces que theoreticamente deveriam

(17) Encontramos uma noticia geral sobre os estudos estatísticos e bom resumo bibliographico no trabalho de R. L. PARKER — *Die Kristallmorphologie im Lichte neuerer analytische Untersuchungen* — Fortschritte d. Min., Krist. u. Pet., 1930, pags. 75 - 139.

(18) P. NIGGLI — *Kristalisation und Morphologie des rhombischen Schwefels* — Zeit. f. Krist., (Festband) 58, 1923, pgs. 490 521.

(19) R. L. PARKER — *Zur Kristallographie von Anatas und Rutil* — Zeit. f. Krist., (Festband) 58, 1923, pgs. 522 582.

(20) H. BIÄSCH — *Morphologische Untersuchung am Hämatit, unter besonderer Berücksichtigung des Vorkommens vom Piz Cavradi (Tavetsch)* — Zeit. f. Krist., 70, 1929, pgs. 1 159.

(21) H. BRASSEUR — Ob. cit.

(22) F. RODOLICO — *Studi sulla datolite della formazione ofiolitica* — Per. di Min., Rcma, 1933 (N. 1), pgs. 1 14.

aparecer. Emquanto a persistencia dos primeiros, segundo o nosso criterio, é igual a 85 e 88,3, respectivamente, a do ultimo não excede 55.

Claro que nem sempre será possível seguir uma tal orientação. A não ser para o material de uma só jazida em que o estudioso disponha dos exemplares examinados, não será exequível obter os dados necessarios sobre crystaes de differentes origens e, em épocas diversas, estudados por diversos autores. Não ha duvida, porém, de que este systema de observação dá estatisticamente resultados muito mais completos e precisos.

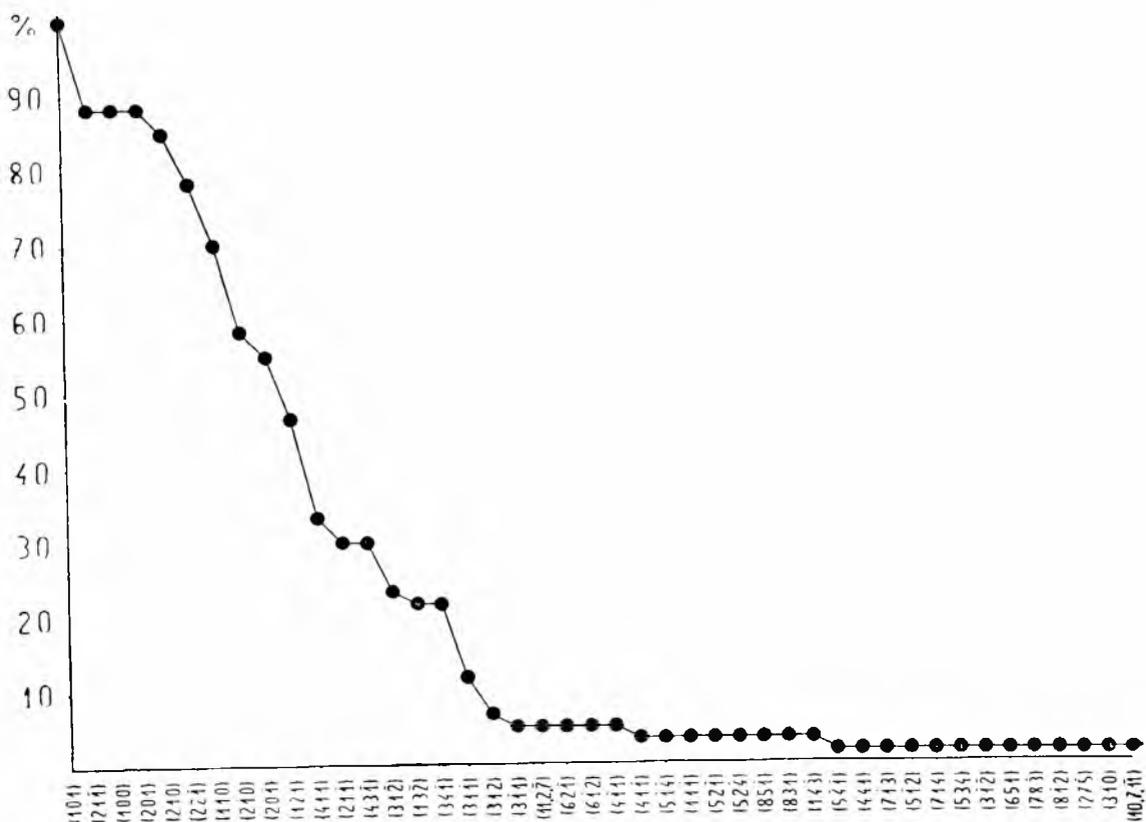


Fig. 3

Na figura 3 temos a curva das persistencias das 44 fórm.

Ao primeiro exame verificamos que, feita a comparação com as de outros mineraes estudados (23), a natureza da curva se aproxima bastante daquella da azurita, pela distribuição mais ou menos regular ao longo da linha, com uma diferença maxima, entre dous pontos consecutivos, de 13,3 unidades. A segunda metade da curva é, porém, situada nas proximidades do eixo das abcissas, e quasi a elle paralelo, em tres degráos mais ou menos longos. E' a porção da curva que corresponde ás fórm. raras ou de baixa persistencia, fórm. que não influem no habitus do mi-

(23) Obs. cits. de P. NIGGLI, R. L. PARKER, H. BIÄSCH, H. BRASSEUR e F. RODOLICO.

neral nem se revestem de maior importancia morphologica. Ao contrario, aquellas que estão situadas na primeira metade da curva mereceram um cuidado especial na analyse dos valores estatisticos.

Além do prisma de 2.^a ordem $\{101\}$, a persistencia maxima (100%), havia um grupo de fôrmas a alta persistencia (entre 80 e 90%) e mais um grupo a persistencia media (entre 40 a 80%). Restava ainda o grupo a baixa persistencia (de 10 a 40%) e o grupo numeroso de fôrmas a persistencia minima ($<10^\circ$) que já vimos acima.

Da observação do graphico assim construido, não tiramos conclusões que nos satisfizessem. Realmente, fôrmas como $\{411\}$ e $\{43\bar{1}\}$ que possuiam faces sem maior importancia no habitus dos crystaes, figuravam na curva ao lado de $\{21\bar{1}\}$ que se destacara pelas dimensões e perfeição nos crystaes em que occorrera. Por outro lado, o rhomboedro fundamental collocava-se na mais alta posição após $\{10\bar{1}\}$, quando de facto, em todos os exemplares, as

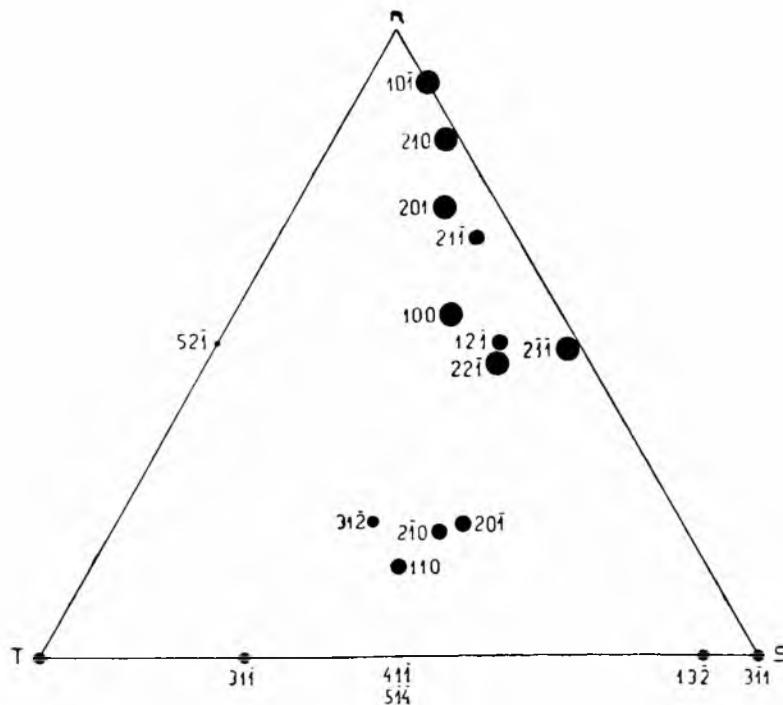


Fig. 4

fôrmas predominantes eram $\{210\}$ e $\{201\}$, como já havíamos constatado.

Resolvemos, então recorrer ao estudo do desenvolvimento das fôrmas, utilizando as expressões de PARKER (24).

(24) R. L. PARKER — Ob. cit. (na Forts. d. Min. Kr. u. Pet., 1930, pg. 87).

$$R = \frac{100.r}{r + s + t} \quad S = \frac{100.s}{r + s + t} \quad T = \frac{100.t}{r + s + t}$$

funções que independem da frequencia (25) e dão, por comparação, uma ideia do tamanho medio de uma fórmula.

O diagrama triangular (fig. 4), em que os vertices R, S e T correspondiam a 100 % de desenvolvimento grande, médio ou pequeno, registrou graphicamente os resultados obtidos.

Proximas ao vertice "R" estavam situadas as fórmulas $\{10\bar{1}\}$, $\{210\}$ e $\{201\}$, realmente de grande importancia no habitus de phenacita do Brasil. A seguir entretanto, já se davam inversões na collocação de outras, si comparavamos esse graphico com o das persistencias. O rhomboedro $\{21\bar{1}\}$, por exemplo, tinha uma posição acima de $\{100\}$ e o seu correspondente $\{121\}$ acima de $\{22\bar{1}\}$ e $\{2\bar{1}\bar{1}\}$, fórmulas de maior influencia no mineral em apreço. Por outro lado $\{411\}$ estava collocada exactamente no vertice T emquanto a sua frequencia, como já tivemos occasião de mostrar, era bem elevada.

Encontravamos as mesmas contradicções em um graphico (fig. 5) que registrava os valores resultantes do calculo com a fórmula indicada por BRASSEUR (26) :

$$M = \frac{(3 r + 2 s + t) 100}{3 (r + s + t)}$$

que tambem independe da frequencia.

As fórmulas $\{3\bar{1}\bar{2}\}$, $\{52\bar{1}\}$ e outras mais, revestiam-se de uma importancia que na realidade não possuíam emquanto $\{110\}$, $\{20\bar{1}\}$ e $\{2\bar{1}0\}$, para citar algumas, passavam a posições secundarias.

Qualquer methodo que desprezasse a noção de persistencia, deixava de traduzir o papel que uma fórmula exerce no habitus do mineral! pois uma face póde excepcionalmente apresentar um desenvolvimento grande, mesmo se tratando de fórmula rara, passando a figurar nos graphics resultantes em situação de relevo. O desen-

(25) "r" "s" e "t" são, respectivamente, o numero de vezes que a fórmula se apresenta em faces de desenvolvimento grande, medio ou pequeno.

(26) H. BRASSEUR — Ob. cit., pg. 230.

volvimento pequeno das faces que pertençam a uma fôrma frequente não significa, por sua vez, que a sua influencia no habitus seja desprezível; entretanto, quer no de PARKER quer no de BRASSEUR, avizinhavam-se ou coincidiam com as fôrmas de quasi nenhuma importancia.

Havia, portanto, forte discordancia entre os resultados obtidos em função unicamente da persistencia ou unicamente do desenvolvimento.

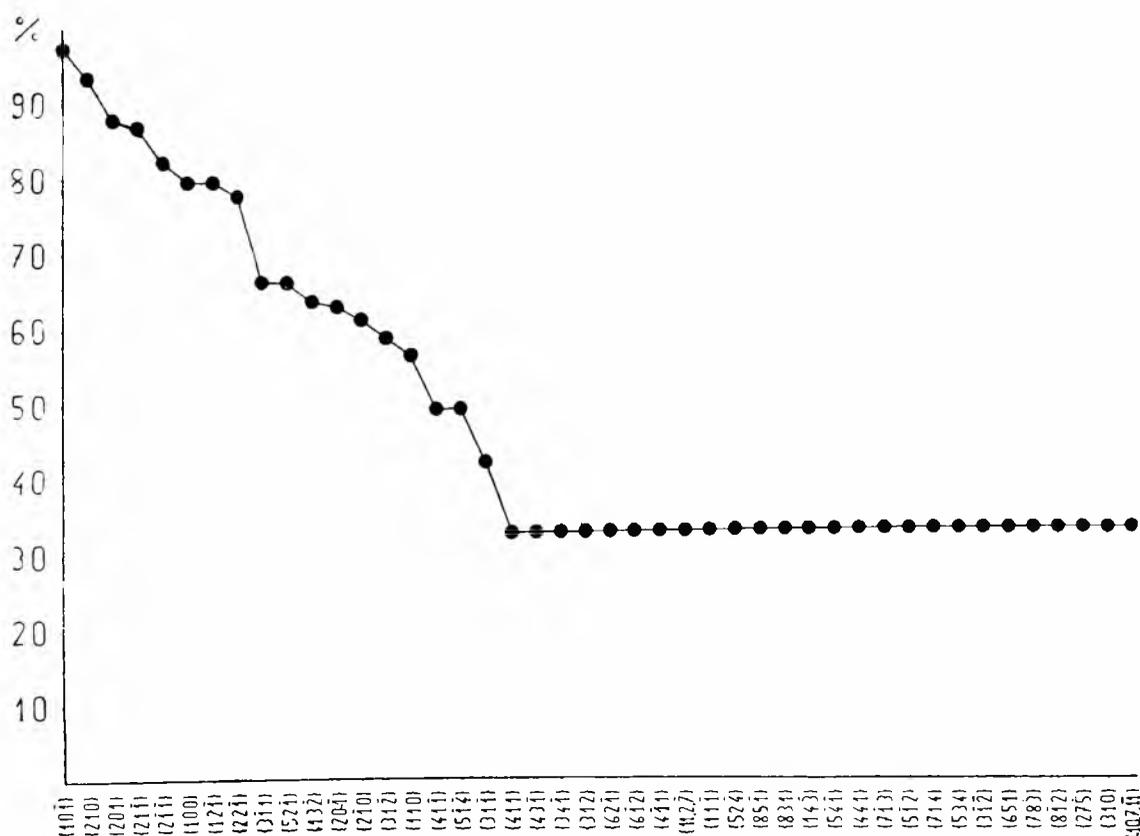


Fig. 5

Era preciso procurar a expressão que dependesse ao mesmo tempo dos dous factores para chegar a uma conclusão decisiva. O methodo de GOLDSCHMIDT (27) resolvia o problema, pois reduz em dados numericos a noção conjunta da dimensão e da frequencia, sendo ao mesmo tempo qualitativo e quantitativo, por meio da fórmula proposta:

(27) Em R. L. PARKER, ob. cit. (na Forts. d. Min. Kr. u. Pet., 1930), pgs. 86 e 87.

Em H. BRASSEUR, ob. cit., pgs. 229 e 230.

$$G = \frac{3 r + 2 s + t}{3 n}$$

em que apenas multiplicamos, de accordo com o estabelecido desde o inicio, o numero "n" de cristaes observados pelo numero 6 de faces que uma fórmula deve theoreticamente apresentar em cada crystal de phenacita calculando os valores em percentagens:

$$G = \frac{(3 r + 2 s + t) 100}{3 \times 6 n}$$

Para a construcção do graphico correspondente os valores, relativos ás diversas fórmulas, foram obtidos pela multiplicação dos já

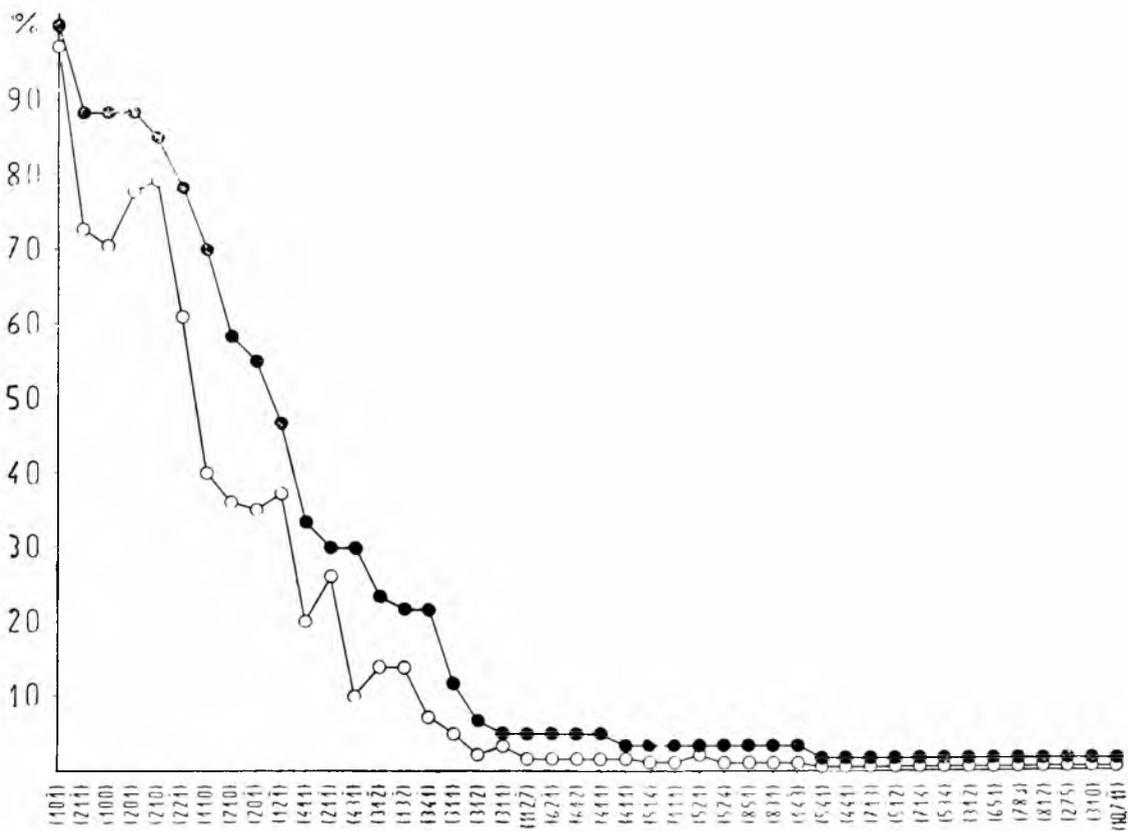


Fig. 6

determinados valores "P" da persistencia e "M" da grandeza média segundo BRASSEUR; é facil verificar que

$$G = M \times P$$

si dermos a "P" a expressão

$$P = \frac{r + s + t}{6n} \quad (28)$$

Construimos, em primeiro lugar, o graphico sobre um outro identico ao da fig. 3. No eixo das ordenadas o valor 100 corresponderia ao de uma forma que se apresentasse com as 6 faces, todas de desenvolvimento grande, em todos os "n" cristaes observados.

A' primeira vista verificava-se (fig. 6) que ás fórmulas $\{2\bar{1}\bar{1}\}$, $\{100\}$, $\{22\bar{1}\}$ e $\{110\}$ correspondia uma fôrte queda, accentuada em $\{411\}$, $\{43\bar{1}\}$ e $\{34\bar{1}\}$; por outro lado $\{20\bar{1}\}$ e $\{210\}$ ascendiam na curva e diminuia a differença entre os dous rhomboedros de 3.^a ordem, negativos, $\{21\bar{1}\}$ e $\{12\bar{1}\}$. Todas as transformações traduziam a verdade constatada na observação feita durante o demorado estudo dos cristaes, confirmando que o criterio dessa vez seguido era o mais aconselhavel.

Construimos finalmente o graphico dos valores obtidos com a fórmula de Goldschmidt (fig. 7).

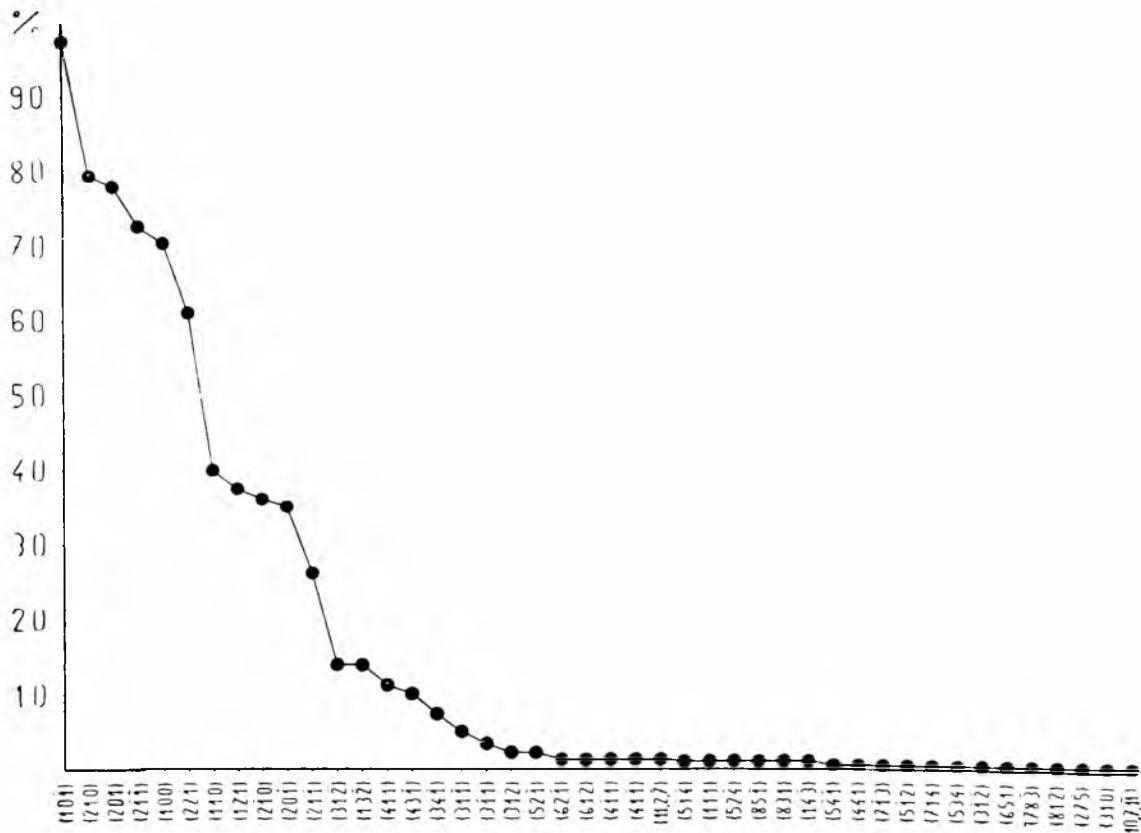


Fig. 7

(28) Lembramos mais uma vez que, em nosso trabalho, substituímos sempre o valor de "n" pelo de "6×n"

Separado em quatro zonas de 100 a 90, 90 a 40, 40 a 10 e 10 a 0, ellas conservavam uma divisão semelhante á adoptada na curva das persistencias, comprehendendo a segunda os grupos de fórmulas a alta e media persistencia. Corrigia-se, porém, na nova curva a posição das fórmulas que nos difficultavam as conclusões, podendo-se então acceitar o graphico como representação de que fórmula realmente observado.

Na primeira zona figurava sósinho o prisma de 2.^a ordem $\{10\bar{1}\}$ com 97,2 de persistencia-desenvolvimento, destacando-se como de facto já o observamos, pela frequencia e dimensões das suas faces.

Na segunda zona, em ordem decrescente, vinham os dois rhomboedros de 2.^a ordem, $\{210\}$ e $\{201\}$, o prisma de 1.^a ordem $\{2\bar{1}\bar{1}\}$ e os dois rhomboedros de 1.^a ordem $\{100\}$ — fundamental e $\{22\bar{1}\}$ — inverso correspondente. Na phenacita de São Miguel de Piracicaba verificamos, não somente nós como os demais autores que a estudaram, são principalmente os dous prismas e os quatro rhomboedros já citados que predominam, destacando-se entre estes ultimos os dous de 2.^a ordem.

Na terceira zona apareciam na parte superior o rhomboedro de 1.^a ordem, inverso, $\{110\}$ e os dous pares de rhomboedros de 3.^a $\{2\bar{1}0\}$ e $\{20\bar{1}\}$ — positivos — e $\{211\}$ e $\{12\bar{1}\}$ — negativos. Na parte inferior o rhomboedro de 1.^a ordem, directo $\{411\}$ e os dous de 3.^a negativos, $\{31\bar{2}\}$ e $\{13\bar{2}\}$

Na quarta zona figuravam, com certo destaque, os pares $\{43\bar{1}\}$, $\{34\bar{1}\}$ — de 3.^a ordem, negativos — $\{31\bar{1}\}$, $\{3\bar{1}1\}$ — de 2.^a ordem; dahi por diante a curva se aproximava exageradamente do eixo das abcissas.

Podemos resumir a licção do graphico, de accordo com as observações feitas em todos e em cada um dos exemplares. As fórmulas de maxima e grande persistencia-desenvolvimento (> 40) são as fórmulas predominantes no habitus da phenacita do Brasil. As de persistencia-desenvolvimento médio ($< 40 > 10$) são fórmulas que influem no habitus sem nelle predominar; a influencia é tanto maior quanta mais proximas ficam do limite superior. As fórmulas a persistencia-desenvolvimento pequeno nada modificam no habitus do crystal a não ser, em certos crystaes, as 4 por nós destacadas.

Vejamos como se distribuem as 48 fórmulas (inclusive as consideradas convencionalmente a persistencia e desenvolvimento nulos) pelos quatro typos de fórmulas de classe rhomboedrica.

A tabella III mostra-nos a distribuição para o total das fôrmas, para as fôrmas em que o valor de "G" é maior que 10 e para as fôrmas em que o valor de "G" é maior que 40.

Os rhomboedros de 3.^a ordem predominam entre as 48 fôrmas encontradas e ainda entre as 14 de persistencia-desenvolvimento entre 10 e 40, para desaparecer totalmente entre as predominantes. Os rhomboedros de 2.^a ordem são mais numerosos que os de 1.^a no conjunto, mas inferiores entre as fôrmas influentes no habitus. Finalmente os primas estão sempre em inferioridade na primeira e na segunda divisão.

TABELLA III

	≤ 10		> 10		> 40	
	Numero de Fôrmas	%	Numero de Fôrmas	%	Fôrmas de Numero	%
PRISMAS $h + k + l = 0$	5	10.4	2	14.3	2	33.3
RHOMB. DE 1. ^a ORDEM { hll } ou { hhl }	6	12.5	4	28.6	2	33.3
RHOMB. DE 3. ^a ORDEM $h + k + l = 3K$	11	22.9	2	14.3	2	33.3
RHOMB. DE 2. ^a ORDEM $h + k + l \geq 3K$	26	54.2	6	42.8	—	—

Entre as fôrmas predominantes a distribuição entre prismas e rhomboedros de 1.^a e 2.^a ordem é absolutamente igual e o habitus da phenacita do Brasil depende da distribuição e desenvolvimento das suas faces.

No conjuncto das fôrmas, entretanto, apesar da superioridade numerica dos rhomboedros de 3.^a ordem, ha um certo equilibrio que podemos verificar si fizermos as sommas dos valores de G.

Prismas	172,0
Rhomboedros de 1. ^a ordem	153,8
Rhomboedros de 2. ^a ordem	171,7
Rhomboedros de 3. ^a ordem	189,0

Como ultima observação podemos assignalar a não correspondencia entre as fôrmas directas e inversas, na sua totalidade. o que destaca a symetria da phenacita, pertencente á classe rhomboedrica.

DISCUSSÃO DAS ZONAS

Para a discussão da importancia das zonas dous criterios vêm sendo seguidos, sob o ponto de vista estatístico.

O primeiro consiste em calcular a distribuição das fôrmas nas diversas zonas, contando o numero de fôrmas presentes em cada uma dellas, para recalculal-o em percentagens referidas ao numero total de fôrmas que o mineral apresenta. Deixamos de utilizal-o porque, como já foi verificado por outros autores, não dá uma bôa traducção da importancia da zona.

Parte o segundo da determinação da importancia da zona em base da expressão

$$I = \sum n P \quad (29)$$

em que "P" é a persistencia de uma fôrma e "n" o numero de suas faces que se encontram na zona (30)

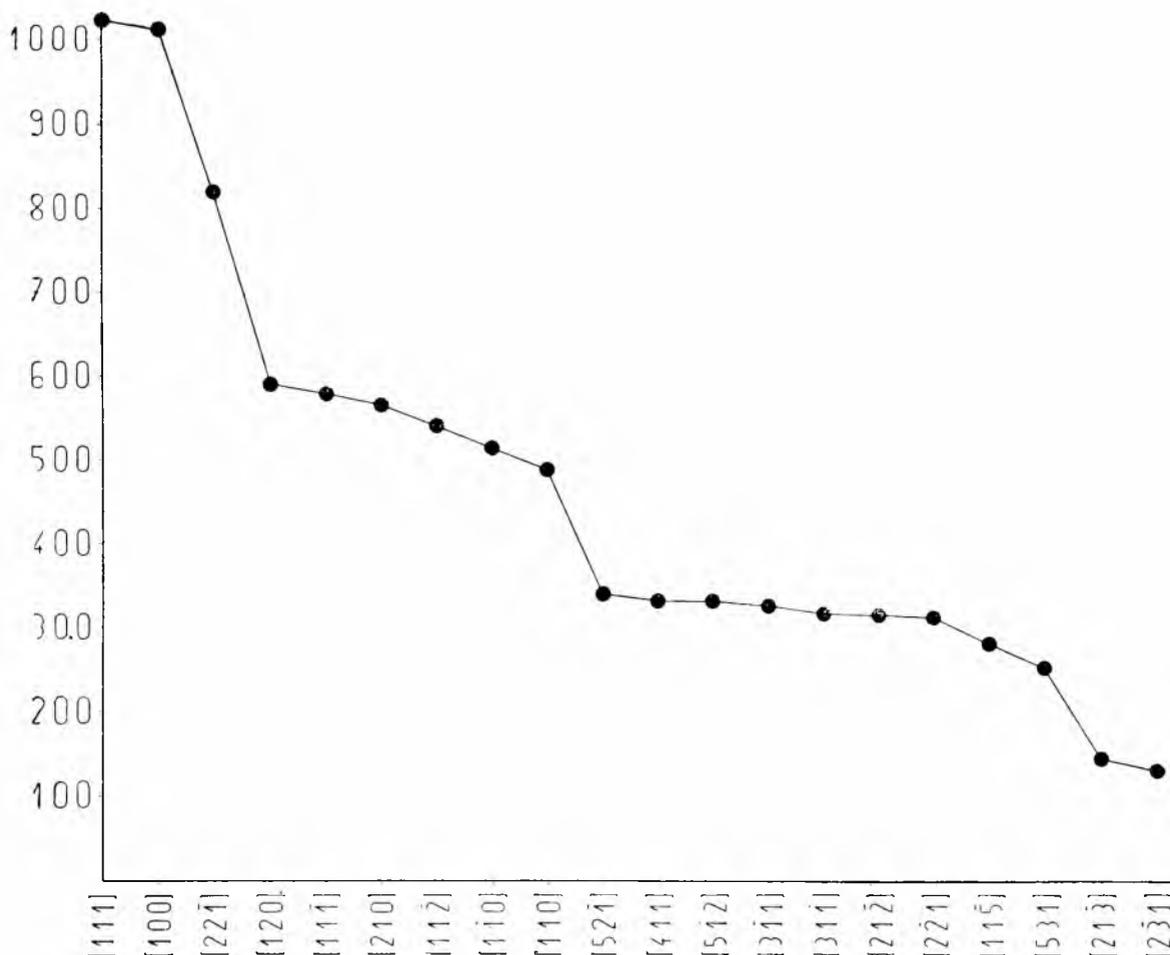


Fig. 8

(29) Indicamos com \sum que deve ser effectuada a somma dos productos "nP" das fôrmas contidas na zona.

(30) Concordamos com F. RODOLICO (ob. cit. pg. 11) na preferencia dada ao methodo de BRASSEUR, em substituição ao de BIÄSCH.

De acordo com as conclusões tiradas do estudo das persistências e desenvolvimentos substituímos o valor de "P", na expressão, pelo valor de G:

$$I = \sum n G$$

Calculado "I" para as diversas zonas e transportados os mesmos resultados nas ordenadas do graphico (fig. 8) correspondente, observamos a sua distribuição.

A zona prismatica [111] e o grupo de zonas rhomboedricas [100] sobrelevavam-se em posição isolada. São as zonas predominantes e características dos crystaes de S. Miguel de Piracicaba.

Mais abaixo, com uma forte diferença em relação a [100], destacava-se o grupo [221] de zonas symetricas áquellas, ambos os grupos caracterisando o habitus do mineral na sua bi-terminação rhomboedrica.

A [221] que um pouco se aproxima das demais podemos denominar grupos de zonas características secundarias, para dizer

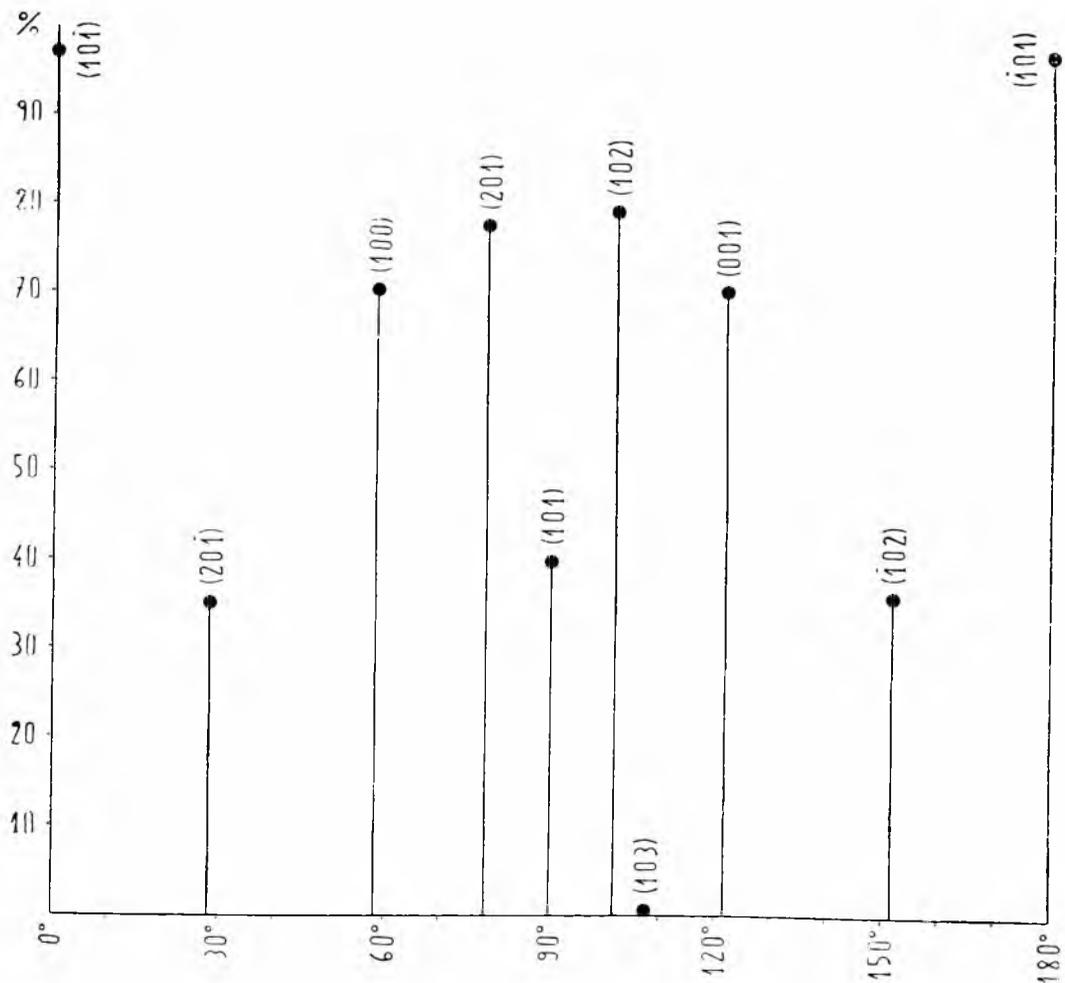


Fig. 9

TABELLA IV

GRUPOS DE ZONAS	N.º de faces contidas na zona	FORMAS A QUE PERTENCEM AS FACES	VALOR DE	
			Sem as faces de prisma	Com as faces de prisma
[111]	30	$\{ 2\bar{1}\bar{1} \}^6, \{ 10\bar{1} \}^6, \{ 3\bar{1}\bar{2} \}^6, \{ 5\bar{1}\bar{4} \}^6, \{ 5\bar{4}\bar{1} \}^6$	—	1023,26
[100], [010] e [001]	18	$\{ 20\bar{1} \}^2, \{ 100 \}^4, \{ 201 \}^2, \{ 110 \}^2, \{ 210 \}^2, \{ 310 \}^2, \{ 2\bar{1}0 \}^2, \{ 101 \}^2,$	819,94	1014,38
[221], [212] e [122]	24	$\{ 52\bar{4} \}^2, \{ 22\bar{1} \}^4, \{ 4\bar{1}3 \}^2, \{ 837 \}^2, \{ 201 \}^2, \{ 411 \}^2, \{ 831 \}^2, \{ 210 \}^2,$ $\{ 85\bar{1} \}^2, \{ 43\bar{1} \}^2, \{ 10\bar{1} \}^2,$	623,28	817,72
[120], [201] e [012]	16	$\{ 2\bar{1}0 \}^2, \{ 2\bar{1}\bar{1} \}^2, \{ 2\bar{2}\bar{1} \}^2, \{ 52\bar{1} \}^2, \{ 62\bar{1} \}^2, \{ 100 \}^2, \{ 3\bar{2}\bar{1} \}^2, \{ 2\bar{1}\bar{1} \}^2$	445,50	591,04
[111], [111] e [111]	26	$\{ 31\bar{2} \}^2, \{ 21\bar{1} \}^2, \{ 43\bar{1} \}^2, \{ 110 \}^4, \{ 312 \}^2, \{ 651 \}^2, \{ 4\bar{1}3 \}^2, \{ 21\bar{1} \}^2,$ $\{ 3\bar{2}\bar{1} \}^2, \{ 7\bar{5}\bar{2} \}^2, \{ 4\bar{3}\bar{1} \}^2, \{ 10\bar{1} \}^2,$	385,48	579,92
[210], [102] e [021]	20	$\{ 20\bar{1} \}^2, \{ 21\bar{1} \}^2, \{ 22\bar{1} \}^2, \{ 5\bar{1}\bar{2} \}^2, \{ 6\bar{1}\bar{2} \}^2, \{ 8\bar{1}\bar{2} \}^2, \{ 100 \}^2, \{ 312 \}^2,$ $\{ 52\bar{4} \}^2, \{ 2\bar{1}\bar{1} \}^2,$	421,04	566,58
[112], [121] e [211]	24	$\{ 11,2,7 \}^2, \{ 31\bar{1} \}^2, \{ 52\bar{1} \}^2, \{ 210 \}^2, \{ 534 \}^2, \{ 312 \}^2, \{ 714 \}^2, \{ 201 \}^2,$ $\{ 7\bar{1}3 \}^2, \{ 5\bar{1}\bar{2} \}^2, \{ 3\bar{1}\bar{1} \}^2, \{ 10\bar{1} \}^2,$	347,68	542,12
[110], [011] e [101]	16	$\{ 100 \}^2, \{ 411 \}^2, \{ 211 \}^2, \{ 441 \}^2, \{ 110 \}^2, \{ 22\bar{1} \}^2, \{ 11\bar{1} \}^2, \{ 2\bar{1}\bar{1} \}^2,$	369,96	515,50
[110], [101] e [011]	20	$\{ 11\bar{1} \}^4, \{ 2\bar{1}\bar{1} \}^2, \{ 3\bar{1}\bar{1} \}^2, \{ 4\bar{1}\bar{1} \}^2, \{ 100 \}^2, \{ 41\bar{1} \}^2, \{ 31\bar{1} \}^2, \{ 21\bar{1} \}^2,$ $\{ 10\bar{1} \}^2$	295,50	489,94
[521], [215] e [151]	10	$\{ 31\bar{1} \}^4, \{ 201 \}^2, \{ 43\bar{1} \}^2, \{ 2\bar{1}\bar{1} \}^2,$	145,54	341,08
[411], [141] e [114]	8	$\{ 3\bar{1}\bar{1} \}^2, \{ 22\bar{1} \}^2, \{ 3\bar{1}\bar{1} \}^2, \{ 10\bar{1} \}^2,$	138,88	333,32
[512], [251] e [125]	12	$\{ 3\bar{1}\bar{1} \}^4, \{ 4\bar{1}3 \}^2, \{ 210 \}^2, \{ 8\bar{1}\bar{2} \}^2, \{ 2\bar{1}\bar{1} \}^2$	187,74	333,28
[311], [131] e [113]	14	$\{ 4\bar{1}\bar{1} \}^2, \{ 5\bar{1}\bar{2} \}^4, \{ 110 \}^2, \{ 411 \}^2, \{ 2\bar{1}\bar{1} \}^2, \{ 2\bar{1}\bar{1} \}^2,$	182,20	327,74
[311], [113] e [131]	22	$\{ 41\bar{1} \}^2, \{ 52\bar{1} \}^4, \{ 85\bar{1} \}^2, \{ 110 \}^2, \{ 714 \}^2, \{ 411 \}^2, \{ 310 \}^2, \{ 21\bar{1} \}^2,$ $\{ 10,7,1\bar{1} \}^2, \{ 2\bar{1}\bar{1} \}^2,$	172,16	317,70
[212], [122] e [221]	12	$\{ 20\bar{1} \}^2, \{ 41\bar{1} \}^2, \{ 62\bar{1} \}^2, \{ 210 \}^2, \{ 534 \}^2, \{ 110 \}^2,$	816,62	316,62
[221], [122] e [212]	10	$\{ 2\bar{1}0 \}^2, \{ 4\bar{1}\bar{1} \}^2, \{ 6\bar{1}\bar{2} \}^2, \{ 201 \}^2, \{ 110 \}^2$	314,40	314,40
[115], [151] e [511]	8	$\{ 411 \}^4, \{ 312 \}^2, \{ 10\bar{1} \}^2,$	88,88	283,32
[531], [315] e [153]	10	$\{ 11,2,7 \}^4, \{ 2\bar{1}\bar{1} \}^2, \{ 3\bar{1}\bar{2} \}^2, \{ 2\bar{1}\bar{1} \}^2,$	108,86	254,40
[213], [132] e [321]	8	$\{ 5\bar{1}\bar{4} \}^2, \{ 20\bar{1} \}^2, \{ 310 \}^2, \{ 2\bar{1}\bar{1} \}^2,$	145,54	146,64
[231], [123] e [312]	12	$\{ 5\bar{4}\bar{1} \}^2, \{ 2\bar{1}0 \}^2, \{ 8\bar{1}\bar{2} \}^2, \{ 85\bar{1} \}^2, \{ 21\bar{1} \}^2, \{ 52\bar{4} \}^2$	129,98	131,08

TABELLA V
ZONA [010]*

Faces	Formas	Valor de G	Observações
(10 $\bar{1}$)	{ 101 }	97.22	Somma de "G" das faces de rhomboedros: 819.94 Valor medio de "G" pa- ra os rhomboedros: 51.24
(201)	{ 201 }	35.	
(100)	{ 100 }	70.55	
(201)	{ 201 }	77 77	
(101)	{ 110 }	40.	
(102)	{ 210 }	79.44	
(103)	{ 310 }	0.55	
(001)	{ 100 }	70.55	
(10 $\bar{2}$)	{ 210 }	36.11	
(10 $\bar{1}$)	{ 100 }	97.22	

* Da tabella e do graphico apenas constam as faces da metade superior.

melhor do relevo de [100], observavel nos proprios desenhos (Figs. 1 e 2).

As zonas que se seguem, especiaes pela posição que occupam e pela função que exercem no desenvolvimento dos crystaes, são a cada momento necessarias durante o trabalho ao goniometro. Na realidade o seu papel não é tão importante quanto o daquellas que denominamos caracteristicas, si desprezarmos no computo do "I" a ellas relativo a persistencia-desenvolvimento do prisma de 1.^a ou do prisma de 2.^a ordem cujas faces lhes pertencem. Na tabela IV a columna 3 assim calculada apresenta differenças mais fortes que a columna 5 que dá os valores levados ao graphico.

Isso resalta mais visivel estudando em particular zonas de uma e de outra especie.

Vejamos a zona caracteristica [010]. Das faces de rhomboedros que sobre ella se dispoem, em numero de dezeseis, dez pertencem a fórmulas predominantes ($G > 40$) e quatro a fórmulas influentes ($G > 10$) muito proximas ao limite superior; apenas duas são de persistencia-desenvolvimento minima. O graphico (fig. 9) e a tabella respectiva dão uma ideia igual e mais clara do que se passa.

Si determinarmos a persistencia-desenvolvimento media dos rhomboedros que nella figuram encontramos o valor 51,24. Nenhuma outra zona poderá dar média que se aproxime dessa, prova indiscutivel da predominancia da primeira.

Já para $[1\bar{1}1]$, uma dentre as varias zonas especiaes, a apreciação do caso é inteiramente diversa (fig. 10). Possui maior riqueza de faces, mas das vinte e quatro fases a ella pertencentes apenas duas, do rhomboedro $\{110\}$, fazem parte daquellas que influem no habitus. Outras seis são fórmias a pequena persistencia-desenvolvimento e as restantes fórmias a persistencia-desenvolvimento minima. O valor médio de "G" não ultrapassa 16,06.

Qualquer zona da mesma especie apresentará aspecto identico, com predominancia de rhomboedros a baixa ou minima persistencia-desenvolvimento e valor médio proximo a 20.

Assim é possivel constatar, que, apesar de não existir um grande intervallo entre as zonas especiaes e as caracteristicas cabe a estas, muito em particular ás do grupo $[100]$, figurar com relevo em todos os crystaes da phenacita do Brasil. E' interessante notar que a forte predomnancia de $[100]$ não dá logar á occurrencia de fórmias raras ou menos desenvolvidas a ella pertencentes.

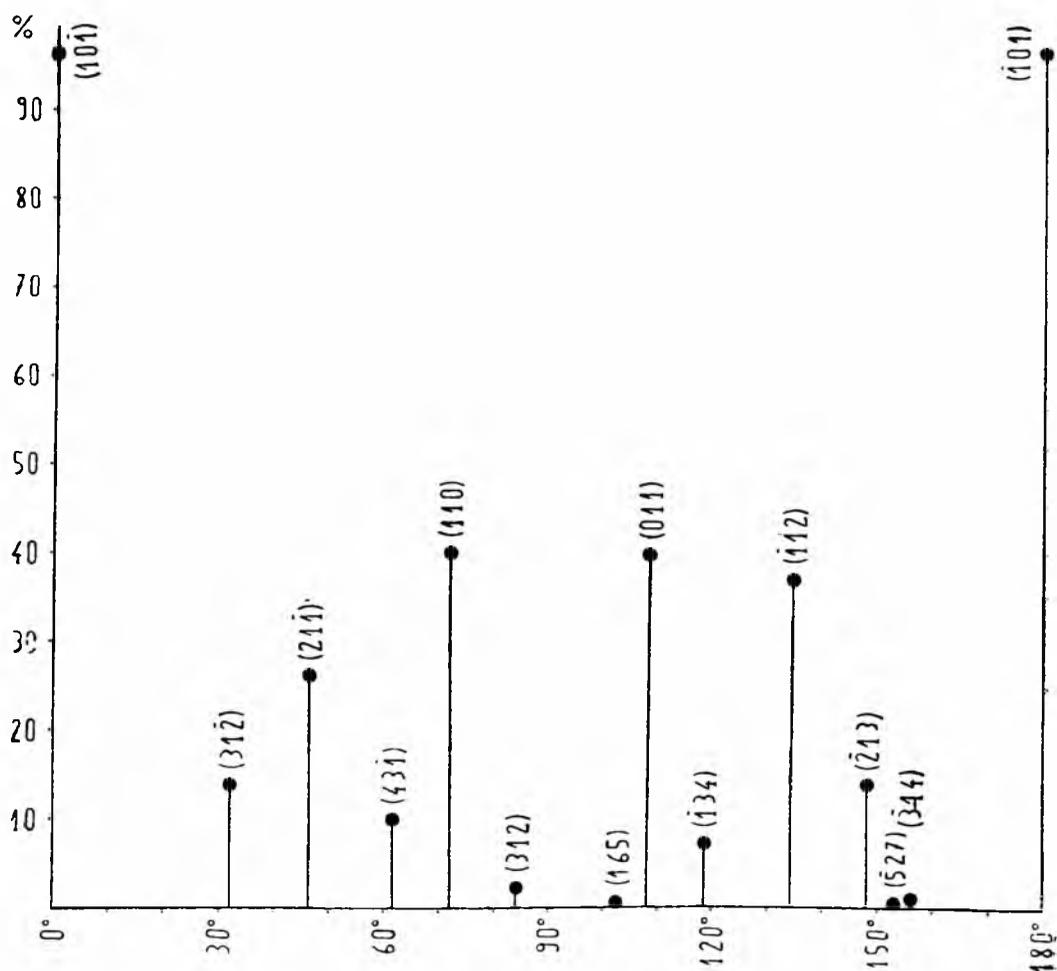


Fig. 10

TABELLA VI

ZONA [111]*

Faces	Formas	Valor de G	Observações
(10 $\bar{1}$)	{ 10 $\bar{1}$ }	97.22	Somma de "G" das faces de rhom- boedros: 192.74 Valor médio de "G" para os rhom- boedros: 16.06
(31 $\bar{2}$)	{ 31 $\bar{2}$ }	13.88	
(21 $\bar{1}$)	{ 21 $\bar{1}$ }	26.11	
(43 $\bar{1}$)	{ 43 $\bar{1}$ }	10	
(110)	{ 110 }	40	
(312)	{ 312 }	2.22	
(165)	{ 651 }	0.55	
(011)	{ 110 }	40	
($\bar{1}$ 34)	{ 34 $\bar{1}$ }	7.22	
($\bar{1}$ 12)	{ 12 $\bar{1}$ }	37.22	
($\bar{2}$ 13)	{ 13 $\bar{2}$ }	13.88	
($\bar{5}$ 27)	{ 27 $\bar{5}$ }	0.55	
($\bar{3}$ 14)	{ 14 $\bar{3}$ }	1.11	
($\bar{1}$ 01)	{ 10 $\bar{1}$ }	97.22	

* Da tabella e do graphico apenas constam as faces da metade superior.

Faz-se notar pelo facto de possuir um pequeno numero de faces, mas quasi todas de fórmias a persistencia-desenvolvimento acima da média geral.

Além das zonas fundamental, características e especiaes, existem as que exercem função muito secundaria e são uteis poucas vezes para a determinação de fórmias pouco frequentes. Taes zonas não passam por faces dos prismas de 1.^a ou 2.^a ordem e poucas vezes a ellas pertencem os de 3.^a. Chamamol-as de complementares e individuaes, seguindo ainda a nomenclatura adoptada por BRASSEUR. (31).

APLICAÇÃO DA LEI DE GOLDSCHMIDT

Além das conclusões sobre o habitus (assignaladas as fórmias predominantes e zonas características) as nossas pesquisas tambem

(31) H. BRASSEUR — Ob. cit. pg. 193.

permittiram chegar a uma contribuição experimental para a lei da complicação enuncida por GOLDSCHMIDT.

Fizemos a combinação dos elementos colhidos no terreno estatístico, procurando relacionar as persistencias-desenvolvimento das fôrmas e as importancias das zonas que resultaram das tabellas e graphics atraz apresentados.

Sendo as fôrmas $\{10\bar{1}\}$ e $\{210\}$, entre os prismas e os rhomboedros, as de mais alta posição na curva (fig. 7) partimos das suas faces (Quadro II) e obtivemos as zonas dos grupos $[22\bar{1}]$ e $[100]$ — zonas características dos crystaes de S. Miguel de Piracicaba — cujas intersecções representam as faces das fôrmas $\{201\}$, $\{100\}$ e $\{22\bar{1}\}$, predominantes. Logo de inicio utilisamo-nos tambem do prisma $\{2\bar{1}\bar{1}\}$ para determinação apenas da zona $\{111\}$ que não nos foi mais necessaria para as outras fôrmas constantes do quadro II, todas ellas rhomboedros.

Proseguindo na aplicação da lei encontramos as zonas dos grupos $[11\bar{2}]$, $[110]$, $[210]$, $[120]$, $[1\bar{1}0]$ e $[411]$ e com ellas determinamos as fôrmas $\{110\}$, $\{20\bar{1}\}$, $\{2\bar{1}0\}$, $\{21\bar{1}\}$ e $\{12\bar{1}\}$ de grande influencia no habitus. As zonas dos grupos $[131]$ e $[11\bar{1}]$ decorrem destas e dão, por sua vez, as fôrmas $\{411\}$, $\{31\bar{2}\}$, $\{13\bar{2}\}$, $\{43\bar{1}\}$ e $\{34\bar{1}\}$, as tres primeiras ainda da segunda cathegoria ($G > 10$) e as duas ultimas de persistencia desenvolvimento inferior a 10, porém muito proximas do limite superior

Podem ser derivadas destas fôrmas novos grupos de zonas, $[11\bar{5}]$, $[52\bar{1}]$, $[5\bar{1}2]$ e $[3\bar{1}1]$ para dar a ultima série de fôrmas constantes da tabella, $\{3\bar{1}\bar{1}\}$, $\{3\bar{1}1\}$, $\{41\bar{1}\}$, $\{4\bar{1}1\}$ e $\{312\}$, todas a persistencia-desenvolvimento inferior a 10.

Na complicação successiva de faces e zonas fizemos intervir, em certas linhas, algumas já encontradas mais acima e que estão por isso assinaladas. Tambem não procuramos determinar todas as faces de uma mesma fôrma ou todas as zonas de um mesmo grupo por julgarmos desnecessario complicar inutilmente a tabella. As faces e as zonas correspondentes ás encontradas podem ser incluidas, de maneira facil, sempre por um processo identico.

As fôrmas dos ultimos degráos da curva de persistencia desenvolvimento (fig. 7) seriam determinadas com as zonas já inscriptas na tabella ou as complementares e individuaes que nella não figuram.

A lei da complicação, com é sabido, foi enunciada theoreticamente para crystaes que se desenvolvem em meios de maxima pureza (32) e em condicções ideaes de equilibrio. Não ocorrendo isso communmente na natureza é facil prever que a lei não seja verificada totalmente. No nosso caso, por exemplo, deveriam existir certas fórmulas, como $\{111\}$ e outras, no cruzamento de zonas caracteristicas e especiaes e que, entretanto, não ocorrem, nem mesmo como raras.

Das nossas pesquisas sobre a phenacita de S. Miguel de Piracicaba resulta, porém, que a lei de GOLDSCHMIDT é confirmada na sua linha fundamental.

(32) A influencia de pequenas percentagens de impurezas chimicas sobre o habitus dos crystaes foi verificada experimentalmente por H. E. BUCKLEY — (*Further examples of habit — variation in crystals of potassium permanganate*) — *Zeit. f. Krist.*, 80, 1931, pgs. 238 - 254.

SUMMARIUM

E S. MIGUEL DE PIRACICABA PHENACITAE MORPHOLOGIA ET RATIONES

E S. Miguel de Piracicaba phenacita crystallis plerumque biterminatis apparet decem centimetra amplitudine interdum excedentibus.

Color lacteus. Exemplaria minora incoloria et eleganter perlucida.

Quas reperimus formas:

$m\{10\bar{1}\}$, $a\{2\bar{1}\bar{1}\}$, $b\{3\bar{1}\bar{2}\}$ **, $n\{5\bar{1}\bar{4}\}$ *, $n'\{5\bar{4}\bar{1}\}$ * $R\{100\}$,
 $r\{411\}$ $R'\{22\bar{1}\}$, $r'\{110\}$, $c\{11\bar{1}\}$ **, $j\{441\}$ * $p\{210\}$, $o\{31\bar{1}\}$,
 $d\{52\bar{1}\}$ *, $v\{11,2,\bar{7}\}$ * $p'\{201\}$, $o'\{3\bar{1}\bar{1}\}$, $d'\{5\bar{1}\bar{2}\}$ *, $t\{312\}$ *,
 $z\{713\}$ *?, $x\{714\}$ *?, $y\{534\}$? $s\{20\bar{1}\}$, $s'\{2\bar{1}0\}$, $e\{21\bar{1}\}$,
 $e'\{12\bar{1}\}$, $f\{31\bar{2}\}$, $f'\{13\bar{2}\}$ *, $g\{43\bar{1}\}$ **, $g'\{34\bar{1}\}$ **, $k\{62\bar{1}\}$,
 $k'\{6\bar{1}\bar{2}\}$ *, $h\{41\bar{1}\}$, $h'\{4\bar{1}\bar{1}\}$, $l\{310\}$, $q\{14\bar{3}\}$ *, $u\{52\bar{4}\}$ **,
 $w\{651\}$ *?, $\omega\{78\bar{3}\}$ *?, $i\{85\bar{1}\}$ *, $\alpha\{831\}$ *, $\epsilon\{8\bar{1}\bar{2}\}$ *?, $\eta\{27\bar{5}\}$ *,
 $\lambda\{10,7,\bar{1}\bar{1}\}$ *?, $H\{14,4,\bar{3}\}$ *, $H_1\{14,\bar{3},4\}$ *, $K\{10,\bar{2},3\}$ *, $K_1\{16,5,3\}$ *

Ex his quattuor et viginti (*) species insueta est ac quinque (**) brasiliensis phenacita.

Constans: $\alpha = 108^\circ 0' 53\frac{1}{3}''$

Habitus: prismaticus ac prismaticus cum complanatione rhomboëdricis formis praevalentibus.

Ex investigatione rationaria de phenacita e S. Miguel de Piracicaba colligitur legem Goldschmidtianam ultimo genere confirmari

Breve noticia sobre a hematita de Antonio Pereira

(2 figuras no texto e 1 quadro)

R. R. Franco

A hematita de Antonio Pereira (Minas Geraes, Brasil) apresenta-se com diversos aspectos sendo frequentes os aggregados granulares e microgranulares que se desagregam com relativa facilidade; tambem frequentes os agrupamentos em roseta em que os cristaes são tabulares e acrescidos quasi parallelamente, (fig. I). Os cristaes isolados são muito raros.

A hematita desta procedencia é de coloração negra intensa, apresentando algumas vezes forte iridescencia. Devido ao seu brilho é geralmente conhecida pelo nome de “especularita”.

Já foi estudada sob o ponto de vista morphologico e crystallographico por diversos autores, mas julgamos interessante apresentar, com este trabalho, o resultado de observações sobre alguns novos cristaes.

Os habitus por nós encontrados são: o tabular e o romboedrico, sendo que o primeiro é muito mais frequente. Nestes, os cristaes attingem algumas vezes diversos centimetros de diametros e apresentam-se com uma simetria pseudo-hexagonal (Quadro, figs. 1 e 2) bem caracteristica.

Entre os cristaes romboedricos é interessante notar que alguns mostram um aspecto pseudo-cubico, porquanto as faces de romboedro funda-



Fig. I

mental se apresentam muito e igualmente desenvolvidas (Quadro, fig. 3).

Damos a seguir as formas encontradas:

c	$\{111\}$	$=$	$\{0001\}$	g	$\{411\}$	$=$	$\{3254\}$
r	$\{100\}$	$=$	$\{10\bar{1}1\}$	i	$\{51\bar{1}\}$	$=$	$\{4265\}$
r'	$\{221\}$	$=$	$\{01\bar{1}\bar{1}\}$	o	$\{61\bar{1}\}$	$=$	$\{52\bar{7}6\}$
n	$\{31\bar{1}\}$	$=$	$\{224\bar{3}\}$	e	$\{71\bar{1}\}$	$=$	$\{62\bar{8}7\}$
m	$\{10\bar{1}\}$	$=$	$\{11\bar{2}0\}$	x	$\{32\bar{1}\}$	$=$	$\{1344\}$
				k	$\{20\bar{1}\}$	$=$	$\{2131\}$
				s	$\{32\bar{2}\}$	$=$	$\{14\bar{5}3\}$

conforme a projecção anexa (Fig. II).

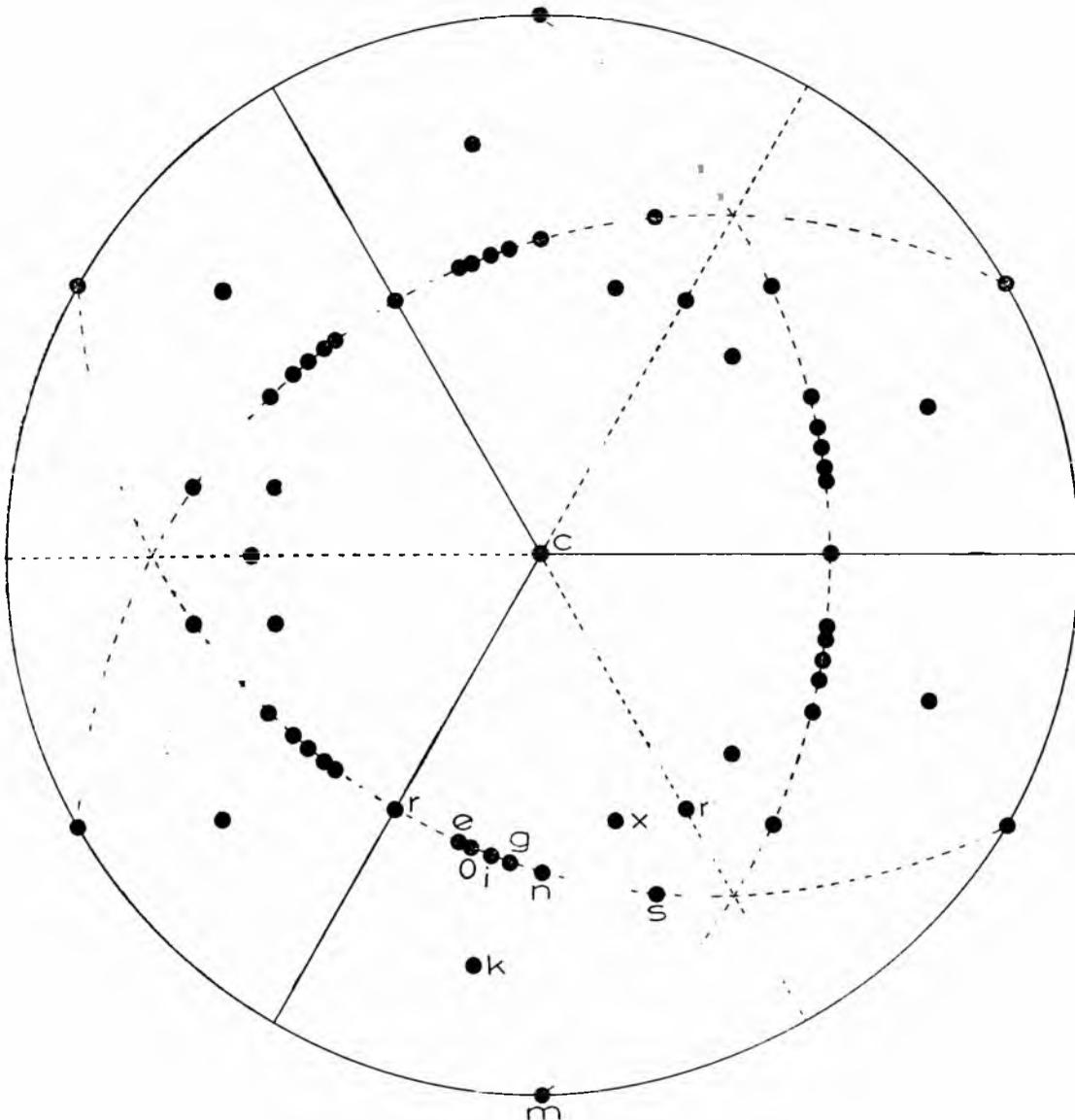


Fig. II

As formas mais frequentes são $\{111\}$, $\{100\}$, $\{311\}$, $\{511\}$ e $\{71\bar{1}\}$ sendo que a 2.^a, 3.^a e a 5.^a foram encontradas sem excepção em todos os cristaes estudados. A face (100) do romboedro fundamental se apresenta commumente bem estriada dando reflexos multiplos.

O pinacoide (111) é sempre limpido e muito brilhante, sendo a face que mais se desenvolve.

As faces (511) e (711) nos cristaes estudados são relativamente bem desenvolvidas.

As outras faces são em geral pequenas e estreitas, não deixando entretanto de offerecer bellos reflexos.

Confirmamos aqui a existencia do escalenoedro inverso $\{32\bar{1}\}$ descripto pela primeira vez por Dufet (1). Além da zona $[111 : 1\bar{1}\bar{7} = 34\bar{1}]$, citada por este autor, conseguimos optimas medidas na zona $[02\bar{1} : 100 = 012]$ a que tambem pertence a referida fórma.

Combinações encontradas.

Fig. 1 — $\{111\}$, $\{311\}$, $\{100\}$, $\{51\bar{1}\}$

Fig. 2 — $\{111\}$, $\{31\bar{1}\}$, $\{100\}$, $\{51\bar{1}\}$, $\{41\bar{1}\}$, $\{71\bar{1}\}$ e $\{20\bar{1}\}$

Fig. 3 — $\{20\bar{1}\}$, $\{31\bar{1}\}$, $\{100\}$, $\{71\bar{1}\}$, $\{10\bar{1}\}$, $\{32\bar{1}\}$, $\{22\bar{1}\}$

Fig. 4 — $\{111\}$, $\{31\bar{1}\}$, $\{100\}$, $\{71\bar{1}\}$, $\{22\bar{1}\}$

Utilizando o angulo entre as duas faces do romboedro fundamental, (100) e (010) de cujas medidas resultou para média 94° , vem como valor para a constante $a = 85^\circ 42'$, correspondente, se quizermos fazer referencia á cruz bravaisiana do hexagonal, ao valor encontrado por Kokscharoff:

$$a : c = 1 : 1,36557$$

o qual tambem calculamos directamente partindo do angulo de (111) com (100) que é de $57^\circ 37'$

Segue-se abaixo a tabella dos valores angulares medidos e calculados.

(1) M. H. DUFET — *Description d'un cristal d'oligiste*, Bulletin de la Société Française de Minéralogie — 1.903, pag. 61.

ANGULOS

	<i>Medidos</i>	<i>Calculados</i>
c/r = (111) (100)	57° 37'	57° 37'
c/n = (111) (31 $\bar{1}$)	61° 12'	61° 13',5
c/i = (111) (51 $\bar{1}$)	58° 23'	58° 24'
r/r = (100) (010)	94°	94°
n/n = (31 $\bar{1}$) (13 $\bar{1}$)	51° 58',5	51° 59'
n/r = (31 $\bar{1}$) (100)	26°	25° 59',5
n/e = (31 $\bar{1}$) (71 $\bar{1}$)	14° 10',5	14° 11'
x/x = (3 $\bar{1}$ 2) (2 $\bar{1}$ 3)	22° 37',5	22° 39'
n/0 = (31 $\bar{1}$) (61 $\bar{1}$)	12° 16',5	12° 18'
n/x = (31 $\bar{1}$) (3 $\bar{1}$ 2)	15° 3'	15° 3'
n/x = (31 $\bar{1}$) (2 $\bar{1}$ 3)	15° 4'	15° 3'
e/k = (17 $\bar{1}$) (02 $\bar{1}$)	18° 39'	18° 45'
m/n = (10 $\bar{1}$) (31 $\bar{1}$)	28° 45'	28° 46',5
c/k = (111) (20 $\bar{1}$)	76° 29',5	76° 31'
c/x = (111) (3 $\bar{1}$ 2)	54° 53'	54° 52'
r/e = (100) (71 $\bar{1}$)	11° 49'	11° 48',5

(QUADRO)

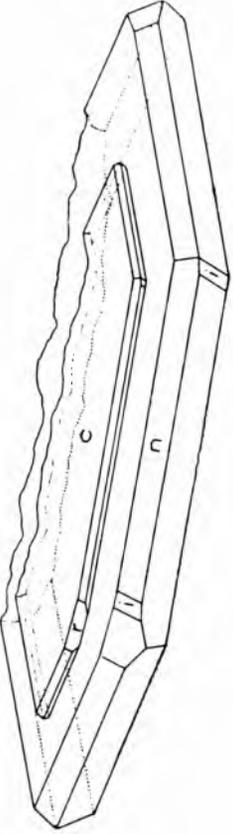


Fig. 1

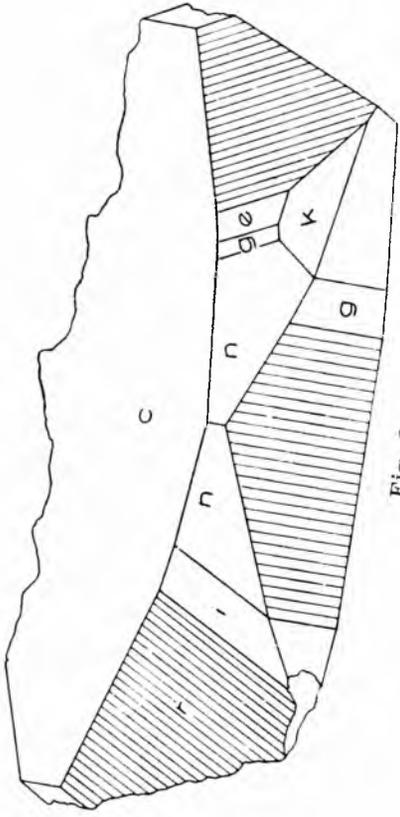


Fig. 2

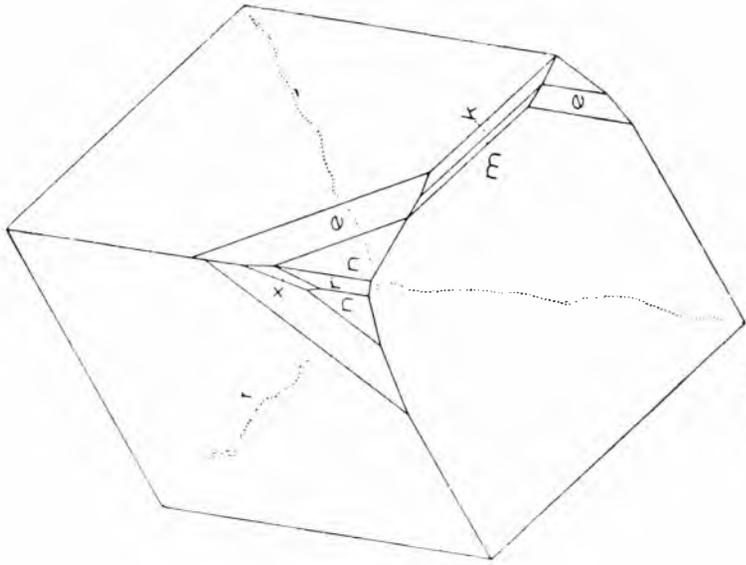


Fig. 3

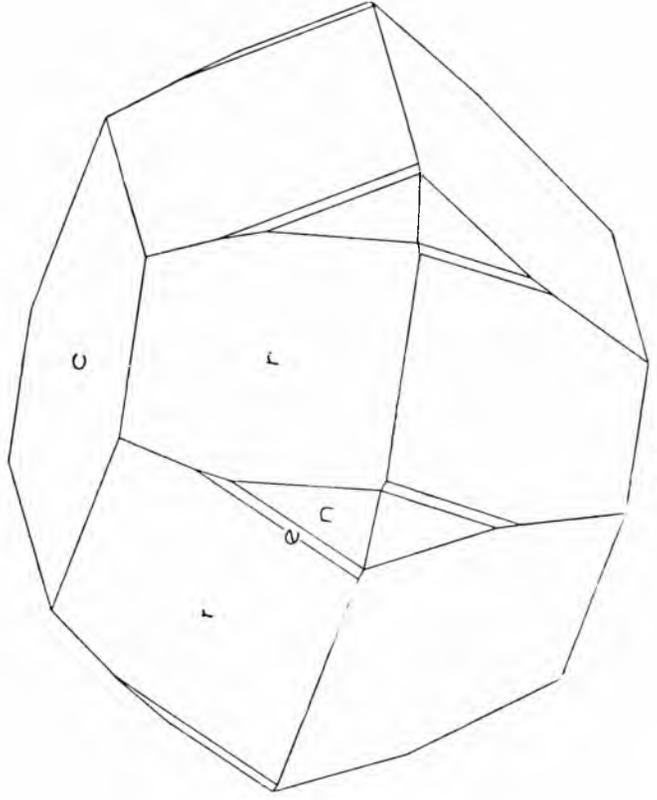


Fig. 4

SUMMARIUM

EX ANTONIO PEREIRA HAEMATITAE EXPEDITIO

Ex Antonio Pereira haematita concretionibus apparet, infrequentibus crystallis singulis.

Magnitudo varia: nonnullis etiam octo centimetrorum amplitudo maxima est. Crystalla nigrantia, interdum iricoloria.

Habitus: rhomboëdricus ac tabularis secundum pinacoidium.

Quas reperimus formas:

$c\{111\}$, $r\{100\}$, $r'\{22\bar{1}\}$, $n\{3\bar{1}\bar{1}\}$, $m\{10\bar{1}\}$, $g\{4\bar{1}\bar{1}\}$, $i\{5\bar{1}\bar{1}\}$,
 $O\{6\bar{1}\bar{1}\}$, $e\{7\bar{1}\bar{1}\}$, $x\{32\bar{1}\}$, $k\{20\bar{1}\}$, $s\{32\bar{2}\}$

Constans: $\alpha = 85^{\circ}42'$

ERRATA DO "MINERALOGIA N.º 2 (1938)

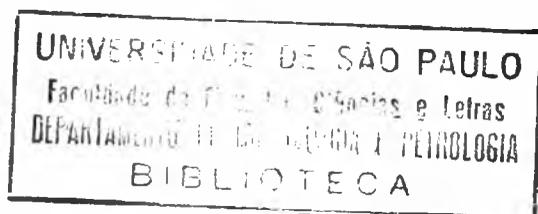
<i>Pg.</i>	<i>Linha</i>	<i>Onde se lê:</i>	<i>Leia-se:</i>
30	26	$\{3\bar{2}1\}$	$\{3\bar{2}\bar{1}\}$
31	22	$\{1\bar{1}2\bar{3}\}$	$\{1\bar{1}\bar{2}\bar{3}\}$
32	15	$\{7\bar{1}3\}$	$\{7\bar{1}\bar{3}\}$
32	16	$y\{5\bar{3}4\}?$	$y\{5\bar{3}4\}^*?$
32	20	$\{2\bar{7}\bar{5}\}$	$\{2\bar{7}\bar{5}\}^*?$
32	21	$H\{14,4,\bar{3}\}^*, H_1\{14,\bar{3},4\}^*, K\{10,\bar{2},\bar{3}\}^*$	$K\{10,3,\bar{2}\}^*, K_1\{10,\bar{2},\bar{3}\}^*, H_1\{14,\bar{3},4\}^*,$
32	22	$K_1\{16,5,3\}^*$	$L\{16,5,\bar{3}\}$
35	1	$\{2\bar{5}\bar{2}\}$	$\{5\bar{2}\bar{2}\}$
35	2	$\{2\bar{2},1,\bar{3}\}$	$\{2\bar{2},\bar{1},\bar{3}\}$
35	13	cito	citamos
36	18	[132]	[1 $\bar{3}$ 2]
37	31	outros identicos para media	outros identicos obtendo para média
38	2	$\{20\bar{1}\}$ $\{210\}$	$\{20\bar{1}\}$ $2\bar{1}0$
38	21	[217]	[221]
38	30	Os valores	Alguns valores
39	4	[100:141=014]	[100:141=0 $\bar{1}$ 4]
39	14	[121]	[112]
39	14	[221:010=102]	[2 $\bar{1}$ 2:100=021]
39	18	[101:211=153]	[112:211=153]
39	35	$\{4\bar{1}\bar{1}\}$ e $\{4\bar{1}\bar{1}\}$	$\{4\bar{1}\bar{1}\}$ e $\{4\bar{1}\bar{1}\}$
40	1	[201:210=122]	[201:210=1 $\bar{2}$ 2]
40	7	(1010):(3254)-(211):(411)	(1010):(3254)-(211):(411)
40	23	(1123)	(11 $\bar{2}$ 3)
40	26	$\{5\bar{2}4\}$	$\{5\bar{2}\bar{4}\}$
40	27	direitos	directos
41	12	feitas as	feitas sobre as
41	19	[210:121=124]	[210:021=124]
41	25	[011:110=111] e [112:211=131]	[011:110= $\bar{1}$ 11] e [112:211= $\bar{1}$ 31]
41	28	(5, 12, 7, 4)	(5, 12, 7, 4)
41	29	(1762)	(1672)
42	5	[021:120=212]	[021: $\bar{1}$ 20=212]
42	6	(2, 10, 3)	(2, 10, 3)
42	6	[143:134=711]	[143: $\bar{1}$ 34=711]

42	7	$[221:12\bar{1}=4\bar{1}6]$	$[22\bar{1}:\bar{1}2\bar{1}=4\bar{1}6]$
42	17	$(3, 10, 2)$	$(3, 10, \bar{2})$
45	2	$\{201\}$	$\{2\bar{0}\bar{1}\}$
52	24	1a.	2a.
54	7	40°	40%
54	8	10°	10%
55	22	$\{3\bar{1}2\}$	$\{3\bar{1}\bar{2}\}$
60	20	3a.	2a.
60	22	2a.	3a.
63	1	VALOR DE	VALOR DE I
65	24	3	4

Na pagina 49 falta a notação:

(15) V. GOLDSCHMIDT — *Atlas der Kristallformen*, Heidelberg.

FS2



4 ABR 67

BOLETINS DA FACULDADE DE PHILOSOPHIA, SCIENCIAS
E LETRAS DA UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO

Volumes publicados:

- I — ZOOLOGIA n.º 1 — 1937
- II — BOTANICA n.º 1 — 1937
- III — BIOLOGIA n.º 1 — 1937
- IV — ZOOLOGIA n.º 2 — 1938
- V — PHYSICA n.º 1 — 1938
- VI — LETRAS n.º 1 — 1938
- VII — BIOLOGIA n.º 2 — 1938
- VIII — MINERALOGIA n.º 1 — 1938
- IX — H. DO BRASIL n.º 1 — 1938



Impresso na

E. G. "REVISTA DOS TRIBUNAIS" — S. PAULO