

MINERAIS DE ZIRCÔNIO NA REGIÃO DE POÇOS DE CALDAS, MINAS GERAIS

Ruy Ribeiro Franco

Í n d i c e

	Pág.
1. Introdução	7
2. Trabalhos anteriores	9
3. Morfologia	13
a) Tipos de cristais de zirconita	13
b) “Favas” e material fibro-radiado	17
c) Material de associação (caldasito)	21
4. Problema da gênese	24
5. Summary and Conclusions	26
6. Bibliografia	27

MINERAIS DE ZIRCÔNIO NA REGIÃO DE POÇOS DE CALDAS, MINAS GERAIS

Ruy Ribeiro Franco

(18 desenhos e 1 fotografia no texto)

1. Introdução

O material utilizado neste estudo morfológico-genético foi obtido, não somente em excursões realizadas na região de Cascata, Pocinhos do Rio Verde e áreas circunvizinhas, mas também nas amostras existentes no Museu do nosso Departamento e material cedido por terceiros.



Mapa do Brasil, vendo-se, no Estado de Minas Gerais, a área onde ocorrem os depósitos de minerais de zircônio.

O material provém, na sua quase totalidade, dos seguintes pontos da área mineralizada: Córrego do Quartel, Serrote, Quirinos e Triângulo na área de Cascata; Campinas, Pouso Alegre, Campo do Alemão ou Taquari, Coqueiro e Retiro dos Coqueiros nas áreas de Parreiras e Pocinhos do Rio Verde.

Os trabalhos de campo foram realizados nos períodos de férias dos anos de 1942 e 1943 e completados pelas observações de laboratório no ano de 1944.

Embora muitos trabalhos já tenham sido publicados sobre a região acima citada muito pouco foi escrito sobre a morfologia dos minerais de zircônio. Nossa maior preocupação foi o estudo dos principais hábitos e formações dos minerais que aí ocorrem. Dê-se estudo procuraremos tirar algumas conclusões sobre o problema da gênese dos minerais aludidos, embora este já tenha sido tratado em muitos dos trabalhos abaixo referidos.

Dado o interesse econômico, mineralógico-petrográfico e geológico da região, onde predominam as jazidas e depósitos primários e secundários de silicatos e óxidos de zircônio, tem sido ela amplamente estudada por autores brasileiros e estrangeiros. Merecem ser citados os trabalhos de Orville E. Derby (5); Jordano da Costa Machado (13); Dom P. A. von Sachsen Coburg (16); Eugen Hussak (11); E. Hussak e J. Reitinger (12); Ruy de Lima e Silva (17); Djalma Guimarães (9), (10); Octávio Barbosa (1), (2); Caio P. Guimarães (8); Emílio A. Teixeira (18); Ruy O. de Freitas (6) e Avelino I. de Oliveira e Othon H. Leonardos (14).

Antes de apresentarmos os resultados de nossas observações, seja-nos permitido passar em revista, resumidamente, alguns dos trabalhos já publicados anteriormente e que dizem respeito aos minerais de zircônio.

Ainda, neste sentido, desejamos esclarecer, com referência aos minerais de zircônio da região estudada, alguma coisa sobre a nomenclatura existente:

Brasilita.

(1) Nome usado comercialmente, desde 1884, para uma rocha contendo óleo e existente na Bahia. (L. Fletcher, *Mineralogical Magazine*, 1893, vol. X, p. 160).

(2) E. Hussak, 1892 (primeira lista) sinónimo de baddeleita, óxido de zircônio, monoclinico, ZrO_2 .

(3) Nome usado comercialmente desde 1916 para o óxido de zircônio fibroso, mamelonar, o qual é, talvez, diferente da baddeleita (H. C. Meyer, *Mineralogical Foot-Notes*, Philadelphia, March 1917, p. 2; W. T. Schaller, *ibid.*, March 1918, p. 2; E. H. Rodd, *Journ. Soc. Chem. Industry*, 1918, vol. XXXVII, p. 213 R)

Caldasito.

O. A. Derby em T. H. Lee, 1917 *Revista Soc. Brasileira Sc.* N 1, p. 31; *Amer Journ. Sci.*, 1919, vol. XLVII, p. 126. Minério de zircônio ou massa mineral constituída principalmente de baddeleita ou uma mistura de zirconita e orvilita do distrito de Poços de Caldas, Minas Gerais, Brasil.

Orvilita.

T. H. Lee, 1917 *Revista Soc. Brasileira de Sci.*, N 1, p. 31; *Amer Journ. Sci.*, 1919, vol. XLVII, p. 126; *Chem. News*, 1919,

vol. CXVIII, p. 125. Silicato hidratado de zircônio, $8 \text{ZrO}_2 \cdot 6\text{SiO}_2 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$, que ocorre com a zirconita em uma variedade de minério de zircônio (veja Caldasito e Zirkita) do distrito de Poços de Caldas, Brasil. Trata-se evidentemente de uma alteração da zirconita semelhante a outras já descritas sob vários nomes.

Zirkita.

Monthly Price List. Foote Mineral Company, Philadelphia, September 1916, p. 26; November 1916, p. 29; Mineral Foote-Notes, March 1917, p. 2. Nome comercial para um minério de zircônio do Brasil contendo 73-97 % ZrO_2 .

A zirkita parece ser mistura mecânica de baddeleita, zirconita e orvilita. Inclue as "favas" de óxido de zircônio descritas por E. Hussak (11) em 1899 e as grandes massas mamelonares de estrutura fibro-radiada descritas por E. Hussak e J. Reitinger (12) em 1903; as fibras são consideradas como uma possível modificação do óxido de zircônio, distinto da baddeleita.

Zirkelita — $(\text{Ca,Fe})(\text{Zr, Ti, Th})_2\text{O}_5$, mineral de hábito octaédrico encontrado com a baddeleita no magnetita-piroxenito decomposto de Jacupiranga, São Paulo, Brasil.

Embora não tenhamos conseguido determinar com toda a segurança o caráter rômboico das fibras de óxido de zircônio, o que equivaleria a existência de uma fase heteromorfa da baddeleita, usaremos êsse nome toda a vez que ao óxido de zircônio fizermos referência.

2. Trabalhos anteriores

Orville E. Derby (5) embora não tenha dedicado grande atenção ao problema dos minerais de zircônio e sim ao estudo das rochas que ocorrem na região de Poços de Caldas, faz, no fim do trabalho, referência aos belos e grandes cristais de zircônio da região de Parreiras (Caldas), despertando a suspeita que o zircônio-sienito ou uma variedade zirconífera de foiaito, pode aparecer naquela paragem. A seu tempo Derby reconhecia que em nenhum foiaito até então encontrado no Brasil fôra reconhecida a presença de zirconita.

Jordano Machado (13) em sua magnífica tese sobre o Planalto de Poços de Caldas, trata de maneira pormenorizada, as principais rochas que ocorrem na região de Caldas e regiões circunvizinhas

Para êsse Autor, o platô acima referido originou-se mediante a formação de massiços de sienitos de idade muito antiga, ocorrida no período silúrico, talvez mesmo no pré-silúrico. Seja-nos

permitido fazer aqui ligeira referência ao fato de Jordano Machado já mencionar trabalhos de Derby, como o primeiro descobridor dos sienitos no Brasil, em Cabo Frio e ilhas existentes ao norte do Rio de Janeiro, assim como em outros pontos desta província.

Descrevendo as rochas da região de Poços de Caldas determinou os seguintes minerais: ortoclásio, nefelina, augita, titanita, melanita (mineral que se conta entre as raridades), sodalita (moderadamente rara), variedade de mica magnesiãna, cancrinita.

Cita ainda a presença de epidoto, grãos de magnetita, calcita, apatita, hauyna, noseana, wollastonita, biotita, lavenita, eucolita — Machado diz ter ficado surpreso por não ter conseguido demonstrar o ZrO_2 quantitativamente quando analisou rochas portadoras de lavenita, obtendo apenas reação muito nítida para ZrO_2 , segundo o método de Hermann.

Von Sachsen-Coburg (16) estudou pormenorizadamente algumas formas. Assim, êle descreve as formas $\{111\}$, $\{110\}$, $\{100\}$, para os cristais de zirconita, de tamanhos variados, que se encontram soltos nas areias do Rio Verdinho. Essas formas acham-se comumente associadas, formando cristais de dois “habitus” principais — o piramidal e o prismático. Êsse Autor mostra as relações de origem, entre os depósitos zirconíferos da área de Poços de Caldas e os depósitos da Noruega, local onde ocorrem, também, augita-nefelina-sienitos. Estuda ainda a estrutura zonada dos cristais de zirconita; as anomalias óticas em secções normais ao eixo ótico e finalmente a questão da geminação polissintética, como no rutilio, responsável pelas anomalias óticas. Não faz, contudo, referência alguma ao problema da gênese dos minerais de zircônio.

Hussak (11) cita a ocorrência, nas areias do Rio Verdinho, de cristais octaédricos (bipiramidais), castanho-escuros medindo até três centímetros, associados aos satélites do diamante, rutilio, ilmenita, turmalina, favas, etc. Hussak, em companhia de Derby, diz ter encontrado a rocha matriz do zircônio, quando examinando um augita-sienito decomposto, encontrou muitas centenas de cristais de zirconita intemperizados. Confessa, contudo, não ter podido encontrar a rocha matriz com os cristais de zirconita. Descreve, a seguir, as favas de coloração cinzento-escuras, pretas, raramente castanho-avermelhadas, muito semelhantes às favas de rutilio, mas de pêsso específico muito superior. A análise destas favas evidenciou, ao exame químico, alto valor em óxido de zircônio (97 %).

As favas exibem, superficialmente, estruturas fibro-radiadas, enquanto, no interior, mostram estrutura compacta, densa e microcristalina e cores de interferência muito alta quando examinadas em lâminas delgadas. São, na maioria das vezes, de estru-

tura concêntrica, fazendo lembrar algumas variedades de calcêdônia e jaspe.

Geneticamente, Hussak admite que estas favas são um produto secundário de decomposição da zirconita, o qual seria, com a máxima verosimilhança, o mineral de zircônio primário. A zirconita se transformaria pela perda de SiO_2 no óxido de zircônio das favas, fato êste semelhante à malaconização. Êsse Autor prefere admitir esta hipótese para explicar a origem das favas de zircônio do que admitir a dos minerais zirconíferos, (lavenita, rosenbuschita, eudialita, etc.), de resto tão raros nos maciços augito-sieníticos encontrados na região.

Hussak e Reitinger (12) que estudaram pormenorizadamente um maior número de favas, chegaram à conclusão de que o teor em SiO_2 dessas favas variava entre limites amplos, o que, indubitavelmente, falava em favor da hipótese de que as favas de zircônio teriam sua origem a partir da zirconita. Mostram êles que o teor em sílica varia de 2 a 15,5 % em numerosas análises químicas.

Nêsse sentido, considerando a variação do teor em sílica das favas, parece confirmada a suposição já externada por Hussak (11) de que estas favas são um produto de decomposição dos cristais grandes de zircônio tão frequentes exatamente na serra citada, isto é, nos augito-sienitos decompostos, embora até aqui não se tenha observado decomposição tão extensa na zirconita.

Hussak e Reitinger (12), estudando, no fim do trabalho referido, as favas de óxido de zircônio quase puras, descrevem-nas como formações de estrutura fibro-radiada que, quando fragmentadas, se rompem em pedaços poliédricos, de superfícies lisas e com faces aparentes. A superfície está modificada, formando uma camada delgada, verrucosa, essencialmente mamelonar, recordando as limonitas e minérios de manganês de Antonio Pereira (M. G.) e Burnier (M. G.), respectivamente. Distinguem-se umas das outras pelo alto pêsco específico das favas de óxido de zircônio.

Êsses dois Autores mostram, contudo, que estas crostas de óxido de zircônio, consistindo de mais de 97 % de ZrO_2 , nada têm a ver, porém, com a baddeleita descrita por Hussak no jacupiranguito, rocha existente na região de Jacupiranga, S. Paulo.

As crostas de óxido de zircônio de estrutura fibrosa, radial, assentam-se quase sempre, em primeiro lugar, sobre u'a massa microcristalina, muitas vezes de côr cinzento-esverdeada escura que consiste igualmente de óxido de zircônio cinzento-escuro.

Finalmente os Autores citados concluem, por numerosos estudos óticos, que as favas de óxido de zircônio representam uma nova *modificação do óxido de zircônio natural*, não podendo ser interpretadas como baddeleita fibrosa.

Ruy de Lima e Silva (17) referindo-se aos depósitos de minério de zircônio da região, focaliza, além da localização, a importância, a exploração, a constituição e aplicações dos minérios, a questão da gênese. Para esse Autor que considerou a constituição geológica e o modo de aparecimento do minério, este ter-se-ia originado de uma concentração magmática de silicato de zircônio nas rochas nefelínicas da região. Posteriormente, pela ação do metasomatismo, ter-se-ia verificado a formação dos óxidos no minério complexo denominado "caldasito" por O. Derby.

Djalma Guimarães (9) citando as favas de óxido de zircônio diz que são nódulos de *baddeleita*, frequentemente fibro-radiada e de forma botrioidal. Estudando as massas de caldasito (formações compostas essencialmente de óxido e silicato de zircônio) descreve-as como massas de estrutura filoniana, encravadas em rochas.

Além disso, a forma botrioidal de pequenas massas ou crostas de *baddeleita* sugere processo hidrotermal de formação em temperatura elevada e meio oxidante.

Guimarães (9) cita, ainda, que o caldasito seria o produto de metamorfismo hidrotermal que provocou fenômeno metasomático nas rochas nefelínicas.

Octavio Barbosa (2) fazendo referência às jazidas de minério de zircônio da região de Poços de Caldas (jazida de Cascata) diz que o minério é encontrado sob forma de veios em rochas nefelínicas muito decompostas. Conclui que todo o zircônio provém da alteração de rochas nefelínicas, quer fonolitos, quer foiaitos e ainda mais, em todas as jazidas ou proximidades encontra-se rocha fresca com piróxênios zirconíferos.

Estudando os veios de minério de zircônio descreve sua forma, direção, posição e composição.

Quanto à origem do minério de zircônio, esse Autor nega a hipótese aventada pelo Sr. Vogel — hipótese segundo a qual o minério originar-se-ia por ação de intemperismo comum. Para O. Barbosa, o minério de zircônio teria começado sua formação logo após o último derrame de lavas fonolíticas ricas de soluções ácidas e alcalinas. Evoca a ação das soluções ácidas sobre os minerais zirconíferos e, ainda, talvez, na zirconita dos veios. Com as soluções alcalinas dar-se-ia a precipitação do óxido de zircônio. Este seria, parte fibro-radiada e parte amorfa. Admite, da análise de algumas amostras, que o óxido de zircônio e o ortossilicato do mesmo elemento se tenham formado ao mesmo tempo, sendo ambos de origem primária.

Finalmente, sugere que o óxido de zircônio botrioidal é ortorrômbico, podendo ser uma espécie mineralógica nova, o ZrO_2 dimorfo. Nesse particular, pedimos a atenção dos leitores para o final do trabalho de Hussak e Reitingar (12).

Emílio A. Teixeira (18), estudioso da região, já publicou inúmeros trabalhos sobre a ocorrência dos minerais de zircônio, tratando do assunto, não somente sob o ponto de vista da gênese dos minerais, da descrição das diversas jazidas mas também do valor econômico e utilização dos minerais acima referidos.

Referindo-se às rochas da área mineralizada classifica-as como maciços, principalmente nefelínicos, representados por fonolitos, foiaitos e tinguaitos. Descrevendo estas formações considera-as como formando diques “sills flows” e “stocks”

Esse Autor dá a seguir, descrição pormenorizada das principais ocorrências de minerais de zircônio, considerando-as, finalmente, como as únicas no mundo com aqueles característicos. O minério, representado por depósitos filonianos, aluvionais e eluvionais, classifica-se em quatro tipos principais — “favas” (minério aluvionar), “Compacto” (minério aluvionar e caldasito), “Minério de baixo teor” (cinzento friável) e “Mixto” (minério do Campo do Alemão).

Tratando da gênese, classifica os depósitos como sendo de origem hidrotermal. As rochas nefelínicas da região teriam sido atacadas por soluções alcalinas, após o período eruptivo, com dissolução do zircônio encontrado nos piroxênios zirconíferos (eudialita, rosenbuschita, lavenita) e posterior deposição nas fraturas então existentes.

3. Morfologia

a) Tipos de cristais de zirconita

O material por nós estudado se apresenta sob forma bem variada. Analisaremos em primeiro lugar os cristais de zirconita que, muito comumente, se apresentam idiomorfos e de tamanhos os mais variados — desde os de tamanho microscópico aos de 4 cm de largura. Apresentam-se ora isolados ora formando agrupamentos irregulares e, às vezes, agrupamentos paralelos.

Vistos em luz refletida são de cor castanho-escura, castanho-avermelhada, verde, castanho-esverdeada, ligeiramente esverdeados e, na maioria das vezes de brilho adamantino. Muitos há que se mostram coloridos diversamente com regiões verdes e vermelhas. Quando examinados em luz transmitida se tornam fortemente coloridos. Nas faces de clivagem (110), quando os cristais são polidos, a maior parte deles mostra-se fortemente zonados (fig. 1). As zonas, bem numerosas e de espessuras variáveis, mostram-se bem unidas. Nestas mesmas faces o cristal exhibe, em luz refle-

tida, cores de iridescência diferentes. Interiormente mostram-se fraturados e algumas vezes ricos de cavidades.

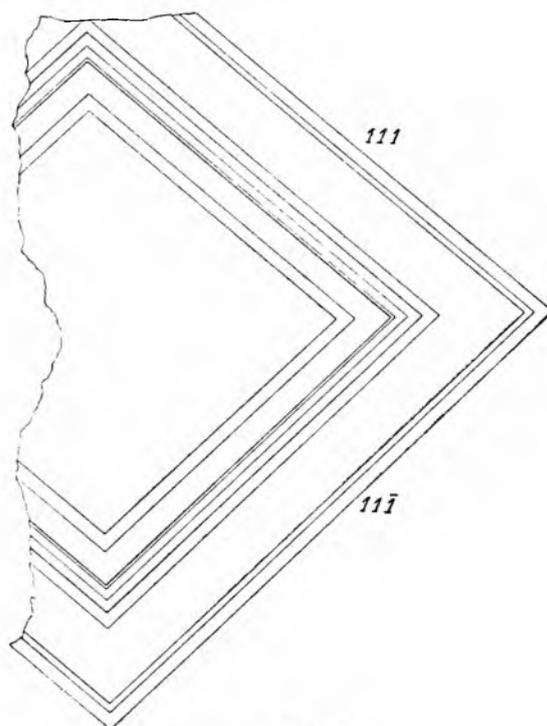


Fig. 1

O hábito mais comum é o pirâmidal. Com este hábito os cristais podem ser simples $\{111\}$ (figs. 2, 7) ou mostram as combinações seguintes: $\{111\}$ e $\{100\}$ às vezes igualmente desenvol-

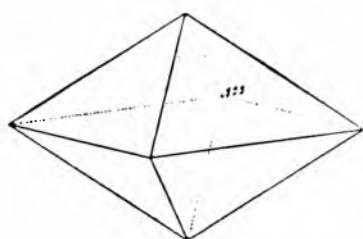


Fig. 2

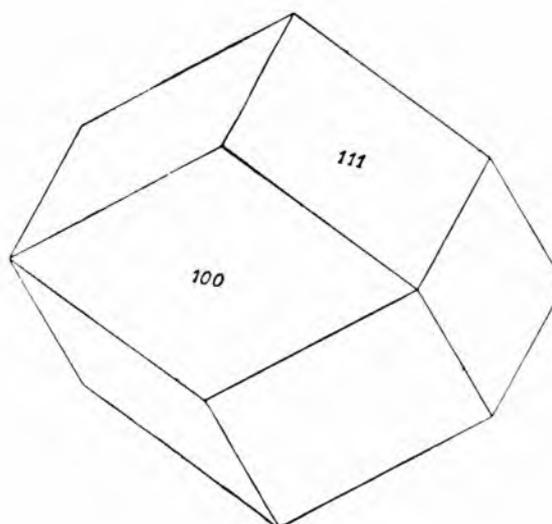


Fig. 3

Cristal de zirconita com **habitus** rombododecaédrico.

vidas, o que dá ao cristal, perfeita semelhança a um rombododecaédrico (fig. 3); $\{111\}$ e $\{100\}$ com maior desenvolvimento da for-

ma $\{111\}$ (fig. 4); $\{111\}$, $\{110\}$ e $\{100\}$ — a combinação mais comum entre os cristais da região (fig. 5); $\{111\}$, $\{110\}$, $\{100\}$ e $\{311\}$ menos comum (fig. 6). Os cristais de aspecto rombododecaédrico foram encontrados na jazida do Campo do Alemão (Taquari). São verdes e se encontram juntamente, com massas de

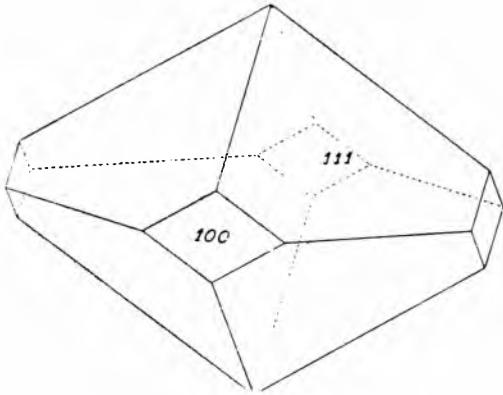


Fig. 4

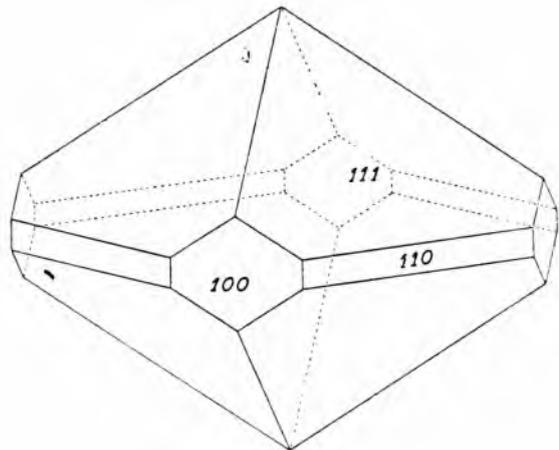


Fig. 5

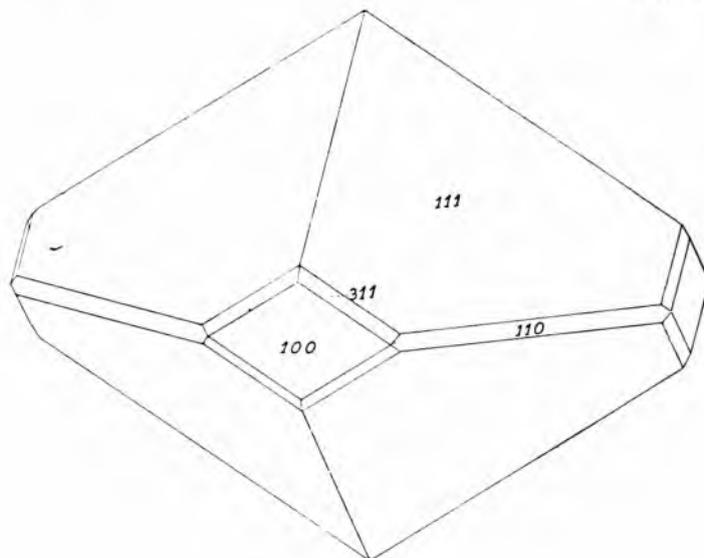


Fig. 6

silicatos de zircônio microcristalina em filões de espessuras variadas.

A fig. 7 representa o maior cristal que tivemos a oportunidade de estudar. Pertence ao Museu de Mineralogia da Escola Politécnica do Rio de Janeiro. Mede aproximadamente 4,5 (quatro e cinco) centímetros de aresta $(111) / \bar{1}\bar{1}\bar{1}$ e exibe numerosíssimas reintrâncias triangulares (figuras de corrosão) dispostas regularmente como se pode ver na figura mencionada. Suas faces são, ainda, muito estriadas.

Finalmente, a fig. 8 mostra-nos um cristal bem original. Trata-se de um crescimento paralelo onde os dois cristais são per-

feitamente isorientados (12) e mostram as mesmas combinações de formas. Este exemplar mede 1,9 cm segundo o eixo de "z"

Os cristais de coloração verde são, geralmente, os mais límpidos, os menos opacos e suas superfícies são lisas e perfeitas. Têm

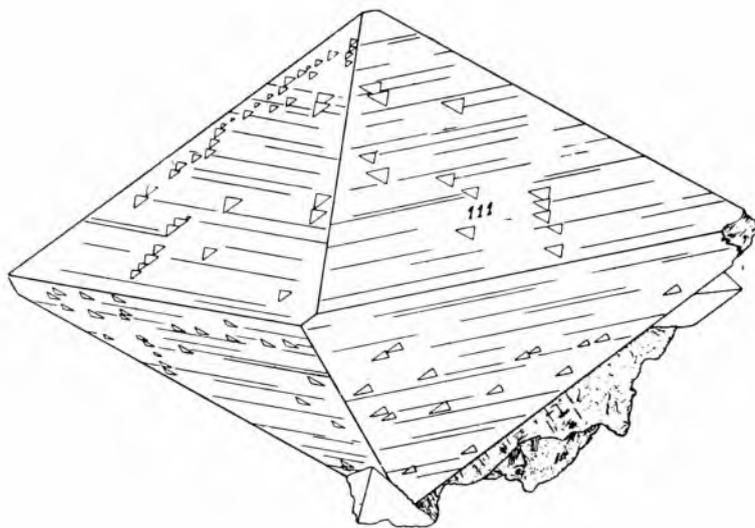


Fig. 7

Notar o **habitus** b'piramidal, as figuras de corrosão triangulares e as estrias. Cristal encontrado nas arcias do Rio Verdinho (M. Gerais).

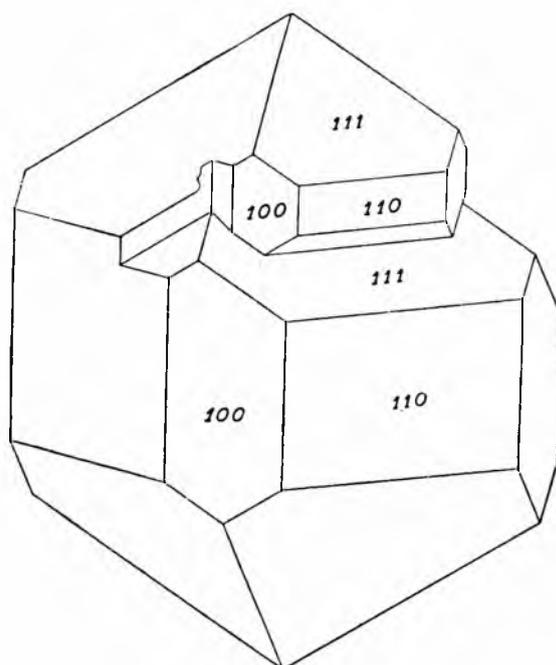


Fig. 8

sido usados como pedras semi-preciosas.

Não existem cristais geminados.

Os hábitos dos cristais de zirconita da área por nós estudada diferem, fundamentalmente, dos cristais de zirconita que se encontram associados à ilmenita, à monazita, à magnetita e outros minerais, das praias dos Estados do Rio de Janeiro, Espírito Santo,

Bahia e S. Paulo. Aqui, são êles de tamanho milimétrico e absolutamente incolores. Contudo, como os primeiros, reagem de igual maneira à luz ultra-violeta e são, ainda, de hábitos prismáticos, em sua quase totalidade.

Ôticamente os cristais da área de Poços de Caldas se comportam ora como cristais uniaxiais normais, ora como substâncias biaxiais, evidentemente, por efeito de anomalias. Algumas lâminas de variedades fortemente coloridas exibem pleocroísmo. Os cristais, qualquer que seja seu hábito ou côr, são fortemente birrefringentes.

b) “Favas” e material fibro-radiado

Embora E. Hussak (11), Hussak e Reitinger (12), E. A. Teixeira (18), O. Barbosa (2) e D. Guimarães (9) e outros tenham estudado minuciosamente a composição química das “favas” de zircônio, a estrutura fibro-radiada de suas camadas, sua semelhança com as calcedônias e jaspers, o seu pêsso específico e côr,

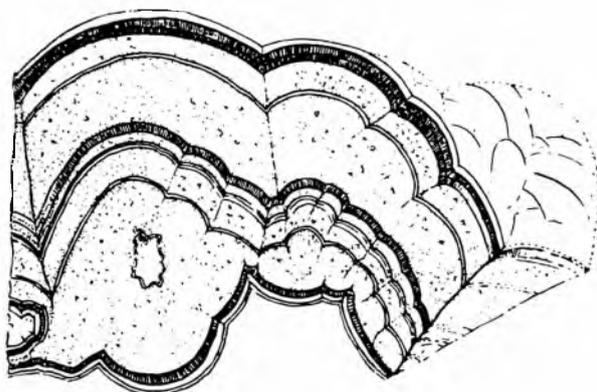


Fig. 9

as suas propriedades óticas e a sua gênese, procuraremos aqui, traçar em linhas gerais os resultados por nós obtidos do estudo desse material “sui generis”

As figuras que se seguem, (9, 10, 11 e 12), nos dão idéia perfeita da estrutura das “favas” e do material fibro-radiado. Muitas “favas” lembram, perfeitamente, massas mamelonares ou botrioidais de limonita, hematita e minérios de manganês. Como já foi mencionado várias vezes, êste material, sob forma mamelonar ou botrioidal, tem estrutura fibrosa ou sub-fibrosa; também maciça ou concrecionada e não raro, aspecto terroso. Sua dureza varia consideravelmente.

A figura 9 corresponde a uma secção através de uma “fava” botrioidal. Vêm-se, facilmente, as camadas de estrutura fibrosa que se repetem várias vezes dando-nos idéia de uma formação que se originou por processo tipicamente hidrotermal. Entre as

camadas estreitas, concêntricas se localiza um material microcristalino, que com dificuldade se pode resolver ao microscópio.

A figura 10 mostra “fava” negra de estrutura tipicamente mamelonar. Algumas elevações que se acham cortadas mostram, claramente, a estrutura fibrosa.

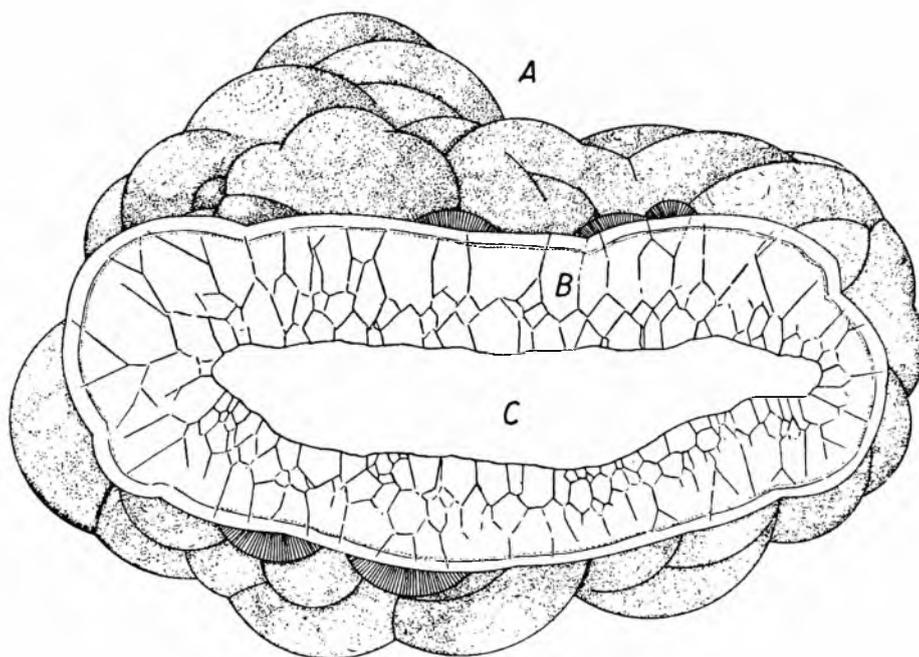


Fig. 10
0,5 cm

“Fava” mamelonar, reniforme, comum nos depósitos aluvionais dos campos de Serrote, Cascata (São Paulo).

Aí, pode verificar-se que, abaixo das saliências, aparece um material não fibroso que se fragmenta em pedaços de faces planas (poliédricas) (B); finalmente na parte mais central (C) vê-se uma região maciça, microcristalina que geralmente ocupa a maior parte das “favas”

Êste é o aspeto mais comum destas formações.

As fibras, quando examinadas ao microscópio, mostram cores de interferência muito altas e exibem extinção reta.

Do exame microscópico de algumas lâminas delgadas pudemos verificar que as fibras, isoladamente, mostram típico caráter biaxial. Verificámos, ainda, que a figura de interferência mostra, embora com grande dificuldade, a bissetriz aguda normal ao comprimento do cristal acicular.

Nêsse particular peço a atenção dos leitores para o trabalho de Hussak e Reitinger (12).

A fig. 11 mostra-nos duas camadas fibro-radiadas, sob forma de leque, encaixando uma série de concreções globóides da mes-

ma estrutura. Entre essas concreções vêm-se massas informes de zirconita. Este é um aspecto muito comum entre as “favas” e o material fibro-radiado (baddeleita).

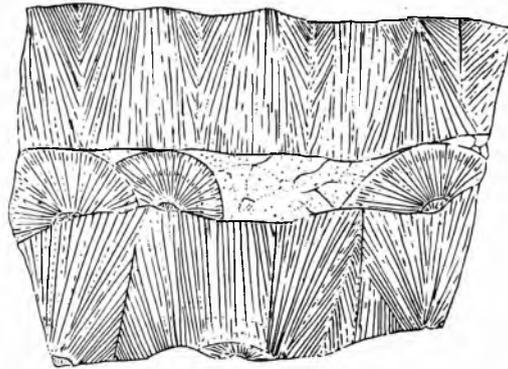


Fig. 11

Jazida do Serrote, (São Paulo).

A fig. 12 uma das mais curiosas formações fibro-radiadas, mostra-nos secção de um corpo globóide radiado (B), recoberto (A) por cristais de zirconita, idiomorfos, que se implantam na parte periférica.

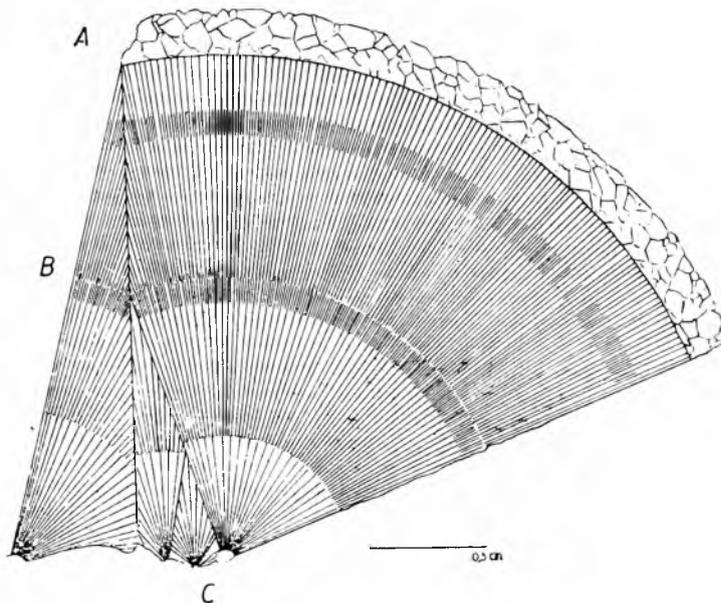


Fig. 12

Nessa amostra, os cristais aciculares já se mostram alterados parcialmente e com coloração esbranquiçada.

Esta curiosa formação foi encontrada cêrca de 17 Km de Poços de Caldas na estrada para Parreiras (Caldas). Acha-se em estreito filão, rico de geôdos e cavidades, encaixado em rocha nefelínica profundamente alterada. Do exame dêsse material che-

gámos à conclusão que o óxido de zircônio fibroso-radial se cristalizou primeiro, a partir das paredes dos geòdos e do estreito filão e, posteriormente, na luz de tais formações, se precipitou o ortossilicato de zircônio sob a forma de zirconita idiomorfa.

Pudemos verificar ainda que o material fibro-radiado parece ter sofrido profunda alteração. Encontrámos este material formando massas mamelonares compactas e escuras, difícil de serem fragmentadas com o martelo; massas menos coerentes mais claras (fig. 12) onde se pode, ainda, destacar os cristais aciculares, e finalmente massas terrosas, friáveis, brancas, de consistência de caolim, onde as fibras já não mostram consistência alguma. Entre estas três formas encontrámos todos os estádios intermediários de alteração. Aqui, durante a decomposição do material compacto, escuro, a perda da coloração é devida, muito provavelmente, à lixiviação do ferro e manganês, elementos encontrados juntamente com o óxido de zircônio do material fibro-radiado e nas favas.

Outro característico das favas compactas e escuras é o da exfoliação mecânica superficial. Verifica-se aqui a separação de lâminas de espessura uniforme em torno de cada mamelão ou verrugosidade como se fossem as camadas de um bulbo de ce-



Fot. 1

Massa de óxido de zircônio de estrutura fibro-radiada mamelonar e concrecionada. Notar as camadas de exfoliação. Jazida Serrote, Cascata, São Paulo.
($\frac{1}{2}$ do natural)

bola. Estas lâminas, que se desagregam, são de coloração diversa da do resto do material — são mais claras e menos coerentes mostrando ainda evidente alteração química. Em regiões onde existem três, quatro e mesmo mais camadas de exfoliação, nota-se facilmente, que a descoloração é progressiva a partir da camada mais interna. Aliás estas camadas parecem estar preformadas na

“fava” fibrosa podendo ser distinguidas dada a diferença de cor existente no restante do material, (Fotog. 1).

Todos estes aspectos são perfeitamente comparáveis às concreções de göthita, limonita e hematita e outros minerais de estrutura mamelonar fibro-radiada de origem hidrotermal ou coloidal.

c) Material de associação (caldasito).

Terminando a parte morfológica, resta-nos tratar do material de associação ou misto — caldasito — nome este dado por Derby. A principal ocorrência deste último tipo de formação é aquela do Campo do Alemão ou Taquari.

Caldasito é o minério do veeiro. Constitue-se, essencialmente, de óxido e silicato de zircônio. É encontrado em veeiros e vênulas de espessuras variáveis, encaixados nas rochas nefelínicas locais. (Vêr Emílio A. Teixeira (18), págs. 38-39).

O minério de associação apresenta-se, geralmente, de coloração cinzenta e é muito pesado. Na massa de minério microcristalino, às vezes bem homogêneo, acham-se disseminados cristais de zirconita de coloração verde e castanha. São perfeitamente idiomorfos e se aglomeram, de preferência, em drusas e geodos dentro da massa de óxido homogêneo. Pudemos verificar, ainda, que este último material se desfaz, algumas vezes, deixando soltos os cristais de zirconita que nele se acham disseminados.

Intercaladas nestas zonas onde predominam os cristais de zirconita, microscópicos ou não, notam-se, perfeitamente bem, drusas e geodos ricos de zirconita. As paredes desses geodos são revestidas por camadas paralelas de um material fibroso, óxido de zircônio, cujo aspecto lembra as camadas de calcedônia fibrosa que atapetam os geodos de quartzo. Estas crostas de estrutura fibrosa, com disposição radial e de composição química correspondente ao óxido de zircônio são encontradas, de preferência, nas paredes dos veeiros, enquanto a parte rica de cristais está, quase sempre, mais para o interior do mesmo.

A figura 11 mostra-nos o material retirado de pequena vênula (veeiro fino). Notar sua quase perfeita simetria bilateral. Das paredes para o interior vê-se o material fibro-radiado, o qual deixa, no centro, pequeno espaço onde se formaram posteriormente, as pequenas esferas de estrutura fibro-radiada. A origem de tal formação é, com toda verossimilhança, hidrotermal.

As figuras 13, 14, 15, 16 e 17 poderão dar ao leitor idéia mais clara sobre a estrutura e aspecto do minério de associação, estudadas em grande número de lâminas e secções polidas.

A fig. 13 mostra-nos massa de caldasito onde se vê a íntima associação existente entre o óxido de zircônio fibro-radiado (B)

e os cristais de zirconita (A).—Aqui, tudo nos está a indicar que, ou os dois minerais se formaram concomitantemente ou o material fibroso seria o primeiro formado e, às expensas dêste, ter-se-ia formado a zirconita (A), talvez por influência de soluções altamente ricas em sílica. A interpretação mais razoável seria a

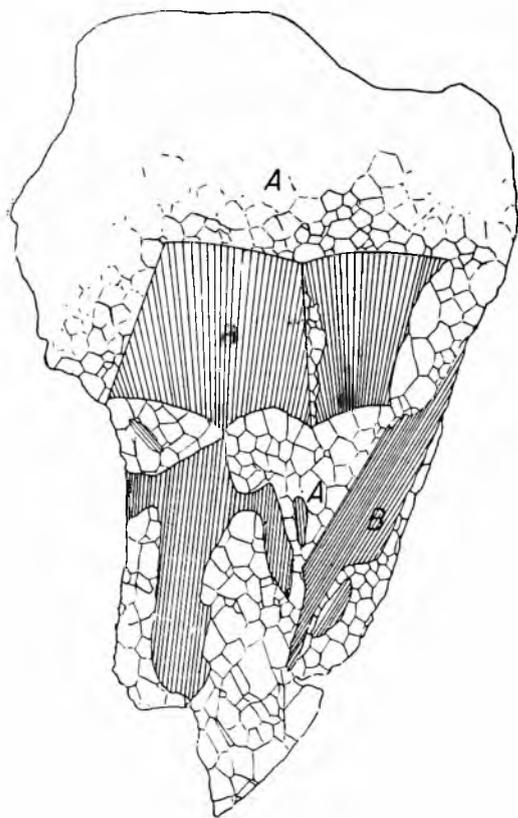


Fig. 13

Jazida situada a 17 km. de Poços de Caldas na estrada de rodagem para Parreiras.

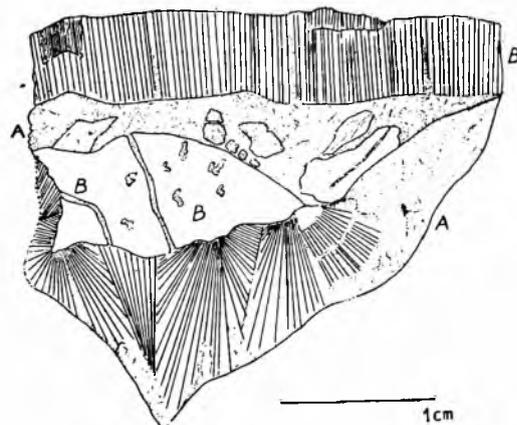


Fig. 14



Fig. 15

Campo do Alemão (Taquari)

de um típico fenômeno de substituição, na qual a zirconita suceder-se-ia ao óxido de zircônio. Somos levados a pensar desta maneira porque se encontram dentro da massa de zirconita, restos isolados de material fibroso (fig. 13).

A fig. 14 apresenta estrutura que, a nosso vêr, corrobora ainda a idéia esboçada acima. Veem-se microcristais de zirconita A, atravessando massas de óxido fibro-radiado (B) em secção normal às fibras.

As figs. 15 e 16 mostram, ainda, alguns blocos de caldasito. Nelas vemos, facilmente, a relação entre os cristais de zirconita, idiomorfos na sua quase totalidade e o material fibro-radiado e homogêneo.

Em 15 veem-se os cristais de zirconita atapetando as paredes de pequenos geodos enquanto o óxido de zircônio forma, aqui, massa homogênea.

Os cristais de zirconita, idiomorfos, são de côr verde.

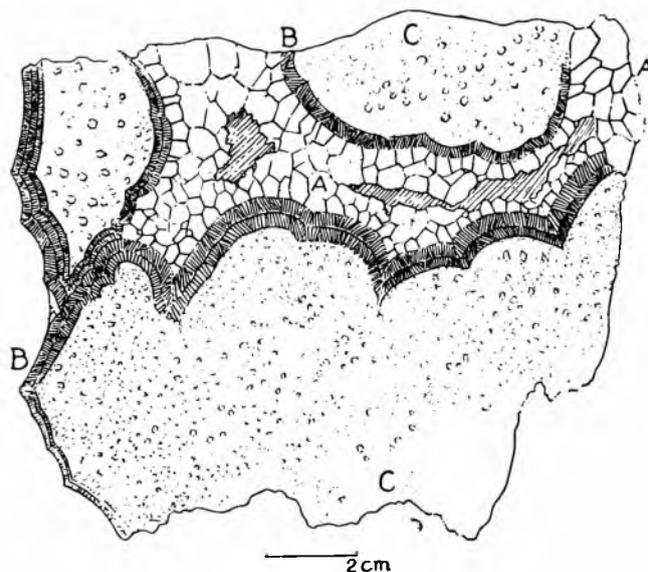


Fig. 16

Campo do Alemão (Taquari).

Na fig. 16 distinguem-se, em A, os cristais bem formados e desenvolvidos de zirconita que preenchem largas cavidades forradas por camadas de óxido de estrutura fibro-radiada (B) (C) representa massas riquíssimas de pequeninos cristais de zirconita.

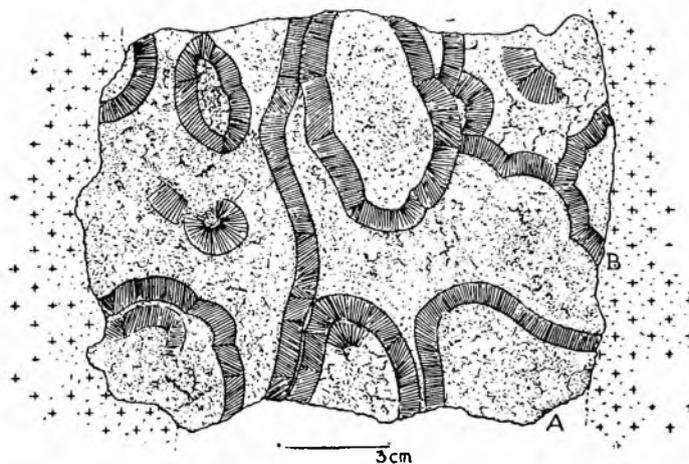


Fig. 17

Quando examinada à luz ultra-violeta, verifica-se, muito simplesmente, que toda a massa reage imediatamente, exceto as camadas fibro-radiadas. Nesta amostra os cristais de zirconita são ligeiramente castanho-amarelados.

Em 17. (A) representa a massa silicato-óxido, sob a forma de massa aparentemente homogênea encaixando as formações fibro-radiadas (B) e mamelonares de óxido. Esta jazida se localiza cerca de 17 quilômetros de Poços de Caldas na estrada para Parreiras (Caldas). Este material foi retirado de um estreito filão de cerca de 10 cm em média, encaixado em rocha nefelínica profundamente alterada.

Sua estrutura parece denunciar fracos movimentos após a precipitação do material zirconífero. Apresenta típica estrutura de breccia. A partir da parede da rocha encaixante já profundamente alterada vem o material fibro-radiado e mamelonar. No centro, ou entre as camadas fibrosas encontram-se, não raramente, pedaços de rocha nefelínica também alterada, cimentada pela massa de silicato e óxido de zircônio sob forma compacta. É nossa opinião que, os múltiplos veios e vênulas mineralizadas que muitas vezes tomam o aspecto de um reticulado (stockwork) tenham sofrido dois ou mais períodos de mineralização.

4. Problema da gênese

Antes de abordarmos o problema da gênese dos minerais de zircônio que ocorrem na região de Poços de Caldas, passemos em revista, de modo geral, a gênese desses minerais. Como é do conhecimento de todos, a zirconita é, geralmente, um dos mais comuns acessórios da quase totalidade das rochas ígneas. É, contudo, encontrada mais comumente nas rochas silícicas — granitos, sienitos, dioritos — e em seus correspondentes efusivos. Como acessório que é, a zirconita é um dos primeiros minerais a se segregar do magma. Muitas vezes se segrega, também, sob a forma de minerais zirconíferos, minerais estes extremamente raros. Entretanto, tais piroxênios foram encontrados nos sienitos nefelínicos na região de Poços de Caldas. Sob a forma de zirconita, constitui um dos minerais mais característicos dos augita-sienitos da Noruega (3).

Deville, citado por Clarke (4) indica uma possível origem pneumatolítica para a zirconita.

Zirconita é extraída, também, de diques pegmatíticos.

Como mineral de metamorfismo de contacto tem sido citado muito frequentemente. Mencione-se, aqui, o trabalho de Joseph L. Gillson (7), o qual, além de descrever rochas afetadas pelo metamorfismo de contacto contendo numerosos cristais de zirconita, indica numerosos trabalhos sobre zonas metamórficas contendo zircônio. Nesse trabalho refere-se ainda à pag. 193, as conclusões de H. C. Meyer que considera os depósitos de zirkita (caldasito) do Brasil como sendo de origem pneumatolítica. Este último Autor é citado, também, por Venable (19).

As primeiras notícias que se referem à origem hidrotermal de minerais de zircônio (óxido e silicato), dizem respeito às jazidas da região de Poços de Caldas. Todos os estudos conduzidos por autores brasileiros e estrangeiros tem chegado, de regra, às mesmas conclusões. A diferença entre eles reside, principalmente e como foi dito na primeira parte deste trabalho, no fato de se considerar ora a zirconita, ora os piroxênios zirconíferos como minerais do magma responsáveis, posteriormente, pelas formações de “favas” e caldasito.

Nossas observações concordam, em linhas gerais, com as dos Autores já mencionados acima.

A nosso vêr as coisas ter-se-iam passado da seguinte maneira:

Primeiramente ter-se-iam formados, uns por segregação magmática e outros por alteração dos primeiros, os minerais essenciais e acessórios das rochas alcalinas da região. Entre outros citam-se: ortoclásio, nefelina, aegirina-augita, titanita, melanita, sodalita, wollastonita, magnetita, biotita, hastingsita, escapolita, natrolita, zirconita e muscovita. Ao lado destes minerais, ter-se-iam formado, talvez, na zona de transição entre os estádios magmático e post-magmático, os cristais de rosenbuschita (1), eudialita (1), astrofilita (1), lavenita (13), eucolita (13) e, muito provavelmente, a zirconita.

Segundo O. Barbosa (1) os primeiros são sempre de textura poiquilitica, ocorrendo a rosenbuschita e a astrofilita nos foiaitos e fonolitos, enquanto a eudialita somente nos foiaitos e rochas de granulação grosseira, formando massas de notável concentração.

Ao lado destes minerais zirconíferos desejamos lembrar que, muito provavelmente, a acmita, mineral comuníssimo e abundante nas rochas nefelínicas da região estudada, poderia ter sido também, fonte de zircônio, pois como sabemos, este mineral parece conter sempre notável quantidade de óxido de zircônio e terras raras (20).

Acmita não só foi encontrada nos sienitos nefelínicos de granulação normal e microsienitos mas também, e em grande quantidade, nas formas de granulação grosseira estudadas pelo autor na região do Campo do Alemão onde se encontra uma das principais jazidas. Assim, a meio caminho de Poços de Caldas e Parreiras o autor, estudando um pegmatito que ali ocorre pode verificar a existência de cristais de acmita de até cinco centímetros de comprimento por um de largura (segundo o menor eixo), intimamente associada ao ortoclásio, à nefelina, fluorita, calcita, titanita, etc.

Provavelmente, estes minerais contendo zircônio, teriam sido destruídos ou atacados quimicamente e o zircônio, agora, transportado em solução, teria se precipitado nas zonas mais altas (fraturas), ou mesmo no local do ataque, sob a forma de minerais

secundários, estáveis (óxido e silicato). O autor, ainda, é de opinião que, nas fraturas onde se depositou o material que mais tarde seria conhecido pelo nome de caldasito (mistura de óxido e silicato de zircônio), êste teria sofrido ulterior ataque com substituição parcial do óxido de zircônio pelo silicato (zirconita). Neste processo, deveriam ter tomado parte ativa, as soluções residuárias, responsáveis também pela formação de inúmeros outros minerais de origem secundária. Neste particular pedimos a atenção dos leitores para o trabalho de William T. Pecora (15), páginas 407, 420-424.

Como se pode deduzir do presente trabalho e de todos aqueles citados na literatura, a gênese dos minerais de zircônio (óxido e silicato) da região de Poços de Caldas, baseado no material que nos foi dado a examinar, parece estar relacionada a um processo em que tomaram parte, ativamente, as soluções alcalinas e silícicas do processo hidrotermal.

Embora até o presente não tenhamos encontrado a zirconita como mineral primário nos foiaitos da região e em nenhum outro foiaito que ocorre no Brasil, mas sim os silicatos zirconíferos (eudialita, rosenbuschita, lavenita, astrofilita e eucolita), somos de opinião, dados os característicos da área estudada, que si já não existiu um zircônio-sienito idêntico ao da Noruega (Brevig, etc.), muito provavelmente êste aparecerá ainda, quando tôda a área estiver inteira e completamente estudada. Embora não tenhamos elementos seguros para garantir tal suposição, o fato da existência de grandes cristais de zirconita perfeitamente puros, idiomórfos e zonados parece indicar-nos de alguma maneira, a existência de zirconita pirogenética (formada diretamente do magma), ou pelo menos a sua presença em pegmatitos já erodidos e decompostos.

Agradecimentos

O autor deseja expressar os seus agradecimentos aos Fundos Universitários de Pesquisas pelo auxílio financeiro prestado e ao Dr. José de Paiva Oliveira por ter proporcionado, durante as varias fases da elaboração dêste trabalho, visitas a muitas das atuais jazidas existentes na região.

5. Summary and Conclusions

The purpose of this paper was the study of the occurrence and genesis of zirconium minerals (zirconite and baddeleyite (?), in the Poços de Caldas region (Pocinhos do Rio Verde and Cascata), Minas Gerais and São Paulo, Brazil.

Descriptions of typical and common forms (euhedral crystals; reniform and botryoidal or mammillary forms, having a fibrous or subfibrous structure; also massive, concretionary, and occasionally earthy) are followed by a review of the literature on zircon in the area cited above.

The writer after considering the problem of the formation of the mineral deposit arrives to the conclusion that the zirconium silicate and oxide were of hydrothermal origin. Masses of pure silicate and mixed material (caldasite) were deposited in veins which are enclosed in the nephelite and augite-nephelite-syenite. Compact reniform and mammillary forms, having fibrous structure are found on, and a few meters below, the surface of the decomposed rocks. Crystals and others formations can be found, very widely, as gravels in creeks and valleys.

The main primary source of the zirconium seems to be the complex zircon silicates (eudialyte, rosenbuschite, lavenite, astrophyllite, and probably, acmite), which are very common in the country rocks. Zirconite was not found as an accessory constituent of the rocks. All these minerals have been destroyed and the resulting solutions were deposited in the veins and cavities as pure zirconite or pure zirconium oxide.

6. Bibliografia

1. Barbosa, O. — Notas sobre algumas rochas da região de Poços de Caldas; An. da Acad. Bras. de Ciências, t. 6, n. 4, 211-219, Rio de Janeiro (1934)
2. Barbosa, O. — O planalto de Poços de Caldas e suas possibilidades econômicas: D.N.P.M. Av. 8, 19-29, Rio de Janeiro (1936)
3. Brögger, W. C. — Die Mineralien der Syenitpegmatitgänge der südnorwegischen Augit- und Nephelinsyenite : Zeitschr für Krist. und Min. 16, 101 (1890)
4. Clarke, F. W. — The data of Geochemistry : U. S. Geol. Survey, 491, 336 (1911)
5. Derby, Orville E. — "On nepheline rocks in Brazil; with special reference to the association of phonolite and foyaite" : Quart. Journ. Geol. Soc. London, 43, 457-473 (1887)
6. Freitas, R. O. — As estruturas fósseis do sistema de Sta. Catarina no planalto de Poços de Caldas : Bol. Assoc. Geógrafos Brasileiros 3, 25-37, S. Paulo (1943)
7. Gillson, Joseph L. — Zircon, a contact metamorphic mineral in the Pend Oreille District, Idaho : Am. Mineral. 10, 187-194 (1925)
8. Guimarães, Caio P. — "Recorrência de mineralização em depósitos caledonianos : An. da Acad. Bras. de Ciências, t. 14, n. 3, 218-222, Rio de Janeiro (1942)
9. Guimarães, D. — À margem de "Os satélites do diamante" : D. Serv. Geográfico e Geológico, Monog. 2, 5-12 (1933)

10. Guimarães, D. — A provincia magmática do Brasil meridional : D. Serv. Geográfico e Geológico, Monog. 1, Belo Horizonte (1934).
 11. Hussak, E. — Ein Beitrag zur Kenntnis der sogenannten "Favas" der brasilianischen Diamantsande : Tscherm. Min. Petrog. Mitt. 18, 339-341, (1899)
 12. Hussak, E. e Reitinger, J. — Ueber Monazit, Xenotim, Senait und natürliches Zirkonoxyd aus Brasilien : Zeitschr. für Krist. und Min. 37, 566-574 (1903).
 13. Machado, Jordano C. — Beitrag zur Petrographie der südwestlichen Grenze zwischen Minas-Gerais und S. Paulo : Tscherm. Min. Petrog. Mitt. 9, 316-359 (1888)
 14. Oliveira, A. I. e Leonardos, O. H. — Geologia do Brasil : Min. da Agric., Rio de Janeiro (1943) 482-483, 497, 597
 15. Pecora, W. T. — Nepheline Syenite Pegmatites, Rocky Boy Stock, Bearpaw Mountains, Montana : Am. Mineral. 27, 397-424 (1942)
 16. Sachsen-Coburg, Dom Pedro Augusto von — Ueber ein neues Zirkonvorkommen aus Brasilien (Caldas, Provinz Minas Gerais) : Tscherm. Min. Petrog. Mitt. 10, 453-455 (1889).
 17. Silva, Ruy de L. — Jazigos brasileiros de minério de zircônio : Comb. e Transp. 1, 97-99, Rio de Janeiro (1928).
 18. Teixeira, E. A. — Zircônio em Poços de Caldas : D.N.P.M. Bol. 55, Rio de Janeiro (1943)
 19. Venable, F. P. — Zirconium and its compounds : Chemical Catalog Company Inc. New York (1922), 19.
 20. Washington, H. S., Mervin, H. E., — The acmitic pyroxenes : Am. Mineral. 12, 233-248 (1927)
-