

bular com o citoplasma abundante, de cor cinza e orientado para a luz tubular. O acrossoma assume a forma em "brazão", escuro, e o núcleo assume forma ovóide (Fig. 6).

Na próxima etapa o acrossoma se desloca para a região dorsal do núcleo e se alonga assumindo uma forma arqueada com uma das extremidades globosa faceando a extremidade oposta mais curta e em ângulo agudo. No lado côncavo nota-se uma zona mais clara, possivelmente o capuz cefálico, dentro dos limites do qual se visualiza um centríolo brilhante. A "zona do núcleo" que ultrapassa os limites do acrossoma e do capuz cefálico assume forma ovóide sendo extremamente clara.

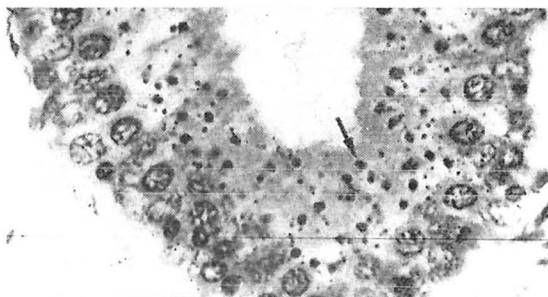


FIG. 6. Espermátide da geração jovem na fase acrossômica; assinalado o acrossoma em forma de "brazão" escuro. H. F. 560 x.

O acrossoma, na sequência da diferenciação da espermátide em espermatozóide, com a forma característica de um V, tendo uma das hastes longa e outra curta, no dorso do núcleo que se salienta além das hastes do acrossoma, caracteriza o término da fase acrossômica. O centríolo aparece como um ponto refringente próximo ao ângulo entre as duas hastes. O citoplasma abundante e sem limites nítidos está carregado de granulações coradas pela hematoxilina férrica. O vértice do V está orientado no sentido predominantemente horizontal em relação à membrana tubular.

REFERÊNCIAS

- Allen, E., 1918. Studies on cell division in the albino rat. *J. Morph.* 31:133-185.
- Benda, C., 1887. Untersuchungen über den Bau des Functionierenden Samenkanälchens einiger Säugethiere und Folgerungen für die Spermatogenese dieser Wirbelthierklasse. *Arch. Mikroskop. Anat.* 30:49-110.
- Branca, A., 1924. Les canalicules testiculaires et la spermatogenèse de l'homme. *Arch. Zool. Exptl. Gen.* 62:53-252.
- Brown, H. H., 1885. On spermatogenesis in the rat. *Quart. J. Microscop. Sci.* 25:343-370.
- Clermont, Y., 1951. Formation of the acrosome and head cap of spermatozoe in mammals as shown by the periodic acid-fuchsin sulfurous acid reaction. *Anat. Rec. (Suppl.)* 109:281.
- Clermont, Y., 1954. Cycle de l'épithélium séminal et mode de renouvellement des spermatogonies chez le hamster. *Rev. Can. Biol.* 3:208-245.
- Clermont, Y., 1960. Cycle of the seminiferous epithelium of the guinea pig. A method for the identification of the stages. *Fertil. Steril.* 11:563-573.
- Clermont, Y., 1967. Cinétique de la spermatogenèse chez les mammifères. *Arch. Anat. Microscop. Morph. Exptl. (Suppl.)* 56:7-60.
- Clermont, Y., 1972. Kinetics of spermatogenesis in mammals: seminiferous epithelium cycle and spermatogonial renewal. *Phys. Rev.* 52:198-236.
- Clermont, Y. and Bustos-Obregon, E., 1968. Re-examination of spermatogonial renewal in the rat by means of seminiferous tubules mounted "in toto". *Am. J. Anat.* 122:237-247.
- Curtis, G. M., 1918. The morphology of the mammalian seminiferous tubules. *Am. J. Anat.* 24:339-394.
- Dreyfus, A. e Souza Campos, J. E., 1939. Estudos sobre cromossomos de marsupiais brasileiros. *Biologia geral*, 3:3-19, 4 t.
- Duesberg, J., 1908. La spermiogenèse chez le rat. *Arch. Zellforsch.* 2:137-180.
- Duesberg, J., 1920. (Citado por McCrady, 1938).
- Ebner, V. v., 1871. (Citado por Clermont, 1972).
- Ebner, V. v., 1888. Zur Spermatogenese bei Säugethiere. *Arch. f. mikr. Anat. Entwicklungsmech.* 31:236-292.
- Guraya, S. S., 1971. Morphological and histochemical changes in the mitochondria during spermiogenesis in the opossum. *Acta anat.* 79:120-125.
- Hoof, L. V., 1912. La spermiogenèse dans les mammifères. I. L'évolution de l'élément chromatique dans la spermatogenèse du rat. *La cellule* 27:291-345.
- Leblond, C. P., 1950. Distribution of periodic acid reactive carbohydrates in the adult rat. *Am. J. Anat.* 86:1-19.
- Leblond, C. P. and Clermont, Y., 1952a. Spermiogenesis of rat, mouse, hamster and guinea pig as revealed by the "periodic acid-fuchsin sulfurous acid" technique. *Am. J. Anat.* 90:167-215.
- Leblond, C. P. and Clermont, Y., 1952b. Definition of the stages of the cycle of the seminiferous epithelium in the rat. *Ann. N. Y. Acad. Sci.* 55:548-573.
- Leibhossek, M. V., 1898. Untersuchungen über Spermatogenese. *Arch. Mikroskop. Anat.* 51:215-318.
- Lison, L. A., 1960. *Histochimie et citochimie animale. Principes et méthodes.* Paris, Gauthiers-Villars.
- McCrady, E., 1938. The embryology of the opossum. *Amer. Anat. Mem.* 16:5-226.
- Orsi, A. M. e Ferreira, A. L., 1974. *Definição dos estádios do ciclo do epitélio seminífero do gambá (Didelphis azarac, Temminck, 1825)*, em publicação.
- Painter, T. S., 1923. Studies in mammalian spermatogenesis. I. The spermatogenesis of the opossum (*Didelphis virginiana*). *J. Exp. Zool.* 35:13-45.
- Regaud, C., 1901. Études sur la structure des tubes séminifères et sur la spermatogenèse chez les mammifères. *Arch. Anat. Microscop.* 4:101-156; 231-380.

SÍNTESE HIDROTHERMAL: TÉCNICAS E APLICAÇÕES

Recebido para publicação em 12/12/1975

J. V. VALARELLI e M. A. F. CANDIA, Departamento de Mineralogia e Petrologia, Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo.

ABSTRACT. *Hydrothermal synthesis: techniques and applications.* The Hydrothermal Laboratory of Mineralogy and Petrology, Geosciences Institute, São Paulo University, is here described. It consists of high temperature (up to 1.100°C) high pressure (up to 60.000 psi) units, used for mineral synthesis under controlled temperature, total pressure and fluid phase partial pressure. Some considerations about the experimental techniques and their applications on mineral paragenesis are carried out. As a example, the construction of a petrogenetic grids on the system Mn-Si-C-O-H is given.

RESUMO. Os equipamentos de síntese hidrotermal do Departamento de Mineralogia e Petrologia do Instituto de Geociências da Universidade de São Paulo, permitem a obtenção de pressões e temperaturas elevadas, da ordem de 4.200 atm e 1.100°C, sendo apropriados ao estudo de sínteses, à investigação do campo de estabilidade e das relações de equilíbrio entre diferentes fases minerais, sendo possível, ainda, estudos de sistemas em presença de fase fluida, com controles dos parâmetros físico-químicos. É mostrada a possibilidade de construção de parte deste equipamento com material nacional, baseada na experiência adquirida com a ampliação do laboratório. São tecidas algumas considerações sobre as técnicas experimentais e suas aplicações na interpretação de paragéneses mineralógicas, sendo fornecido como exemplo, o estudo do sistema Mn-Si-C-O-H.

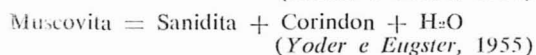
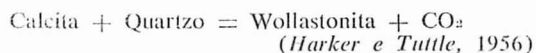
INTRODUÇÃO

ESTE ARTIGO TEM POR FINALIDADE DIFUNDIR A UTILIZAÇÃO de equipamentos hidrotermais em trabalhos experimentais de interesse mineralógico e petrológico, amplo campo de investigação a ser explorado, exemplificando com o estudo do sistema Mn-Si-C-O-H, bem como expor a experiência adquirida na instalação, funcionamento e ampliação do laboratório.

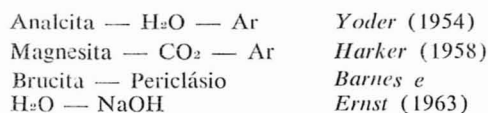
Os equipamentos hidrotermais caracterizam-se por permitir submeter amostras a pressões e temperaturas elevadas, sendo a pressão exercida por um fluido (geralmente H₂O ou CO₂).

De modo geral, a amostra, devidamente preparada, é introduzida numa cápsula porta amostra de metal nobre de dimensões apropriadas, cujas extremidades podem ser simplesmente enrugadas, quando se deseja a livre passagem de todos os voláteis, dentro e fora da cápsula, constituindo um sistema aberto, ou então suas extremidades são soldadas, quando o conteúdo deve ser isolado do meio pressurizado, constituindo um sistema fechado.

Exemplos de investigações em sistemas abertos são: a) sínteses e transformações minerais que não envolvem participação de componentes voláteis; b) reações entre fases sólidas e um componente volátil, que exerça a pressão e participe da reação:



Reações podem ser estudadas em misturas gasosas, onde um gás inerte atua como diluente do componente volátil reagente. Esta adaptação permite estudar o efeito da pressão total, da temperatura e da fugacidade do gás reagente, no equilíbrio das reações. Exemplos:



As experiências em sistemas fechados são particularmente aplicadas na investigação de reações que envolvem componentes sólidos e um ou mais componentes voláteis, tendo-se desenvolvido métodos especiais que permitem controlar e determinar a fugacidade das diferentes espécies gasosas na fase fluida.

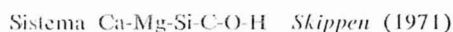
Nesta técnica, todos os componentes participantes direta ou indiretamente da reação (fases sólidas e fases fluidas) são introduzidos em quantidades pré-estabelecidas e conhecidas numa cápsula porta amostra de metal nobre, cujas extremidades são cuidadosamente soldadas.

Devido à maleabilidade do metal nobre da cápsula, a pressão exercida externamente nas paredes do porta amostra é transmitida integralmente ao seu conteúdo.

Dois métodos experimentais de investigação de equilíbrios entre fases sólidas e voláteis em sistemas fechados têm tido grande desenvolvimento.

No primeiro, as reações são realizadas em presença de fase fluida cuja composição é previamente conhecida, fixada e mantida constante durante a experiência por um sistema tampão ("buffer"): associação de fases sólidas que define e mantém constante a fugacidade de um gás ou a relação entre as fugacidades de diferentes espécies gasosas em dadas condições de T e P. A aplicação deste método foi inicialmente desenvolvida para reações que envolvem gases do sistema O-H (Eugster, 1957 e Eugster e Wones, 1962) e estendido para gases do sistema C-O (French e Eugster, 1965).

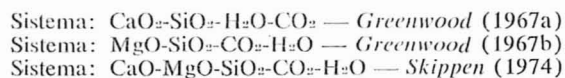
Sua especial aplicação é na investigação de reações que envolvem mudança no grau de oxidação dos elementos participantes do sistema, pois permite a fixação da fugacidade do oxigênio, de difícil medição por métodos químicos usuais. Exemplo:



O segundo método tem especial aplicação no estudo de reações em presença de fase fluida binária composta por gases que constituem mistura ideal.

Os equilíbrios são determinados em função da temperatura, da pressão total e da composição da fase fluida (determinada no fim da experiência) sendo os resultados expressos em diagramas isobáricos, em função da temperatura e da fração molar dos componentes da fase fluida.

Esse método destaca-se por permitir investigar reações importantes que ocorrem no metamorfismo de rochas carbonáticas, em presença da fase fluida composta por misturas de CO₂ e H₂O. Exemplos:



A determinação dos coeficientes de partição de elementos entre fases coexistentes (função da T e P), sínteses mineralógicas e estudo de transformações polimórficas, constituem outros exemplos de trabalhos que podem também ser realizados nestes equipamentos.

Graças a um auxílio do CNPq, adquiriram-se dois equipamentos com quatro e uma autoclave que, devido ao desenvolvimento dos trabalhos neste laboratório, passaram a requerer substancial ampliação para treze autoclaves, além de se fazerem necessárias modificações e substituições de peças nos originais, o que foi conseguido graças ao apoio técnico

do Instituto de Geociências, USP, e financeiro do CNPq.

Tanto na ampliação, como na substituição de peças dos equipamentos originais, procurou-se, sempre que possível, utilizar material nacional com vantagens óbvias.

EQUIPAMENTOS

Em linhas gerais cada equipamento é composto por um sistema de pressão e um sistema térmico de controles independentes.

O Sistema de Pressão é constituído por uma bomba de duas secções; alimentada por ar comprimido, injeta por outro lado água destilada sob alta pressão nas autoclaves, através de um circuito de capilares. Neste circuito estão inseridas conexões especiais, válvulas e manômetros (fig. 1) que permitem o controle da pressão em cada autoclave, separadamente.

O Sistema Térmico consiste de fornos, controlados-res-indicadores de temperatura, termopares, "relay" e potenciômetro de precisão (fig. 2).

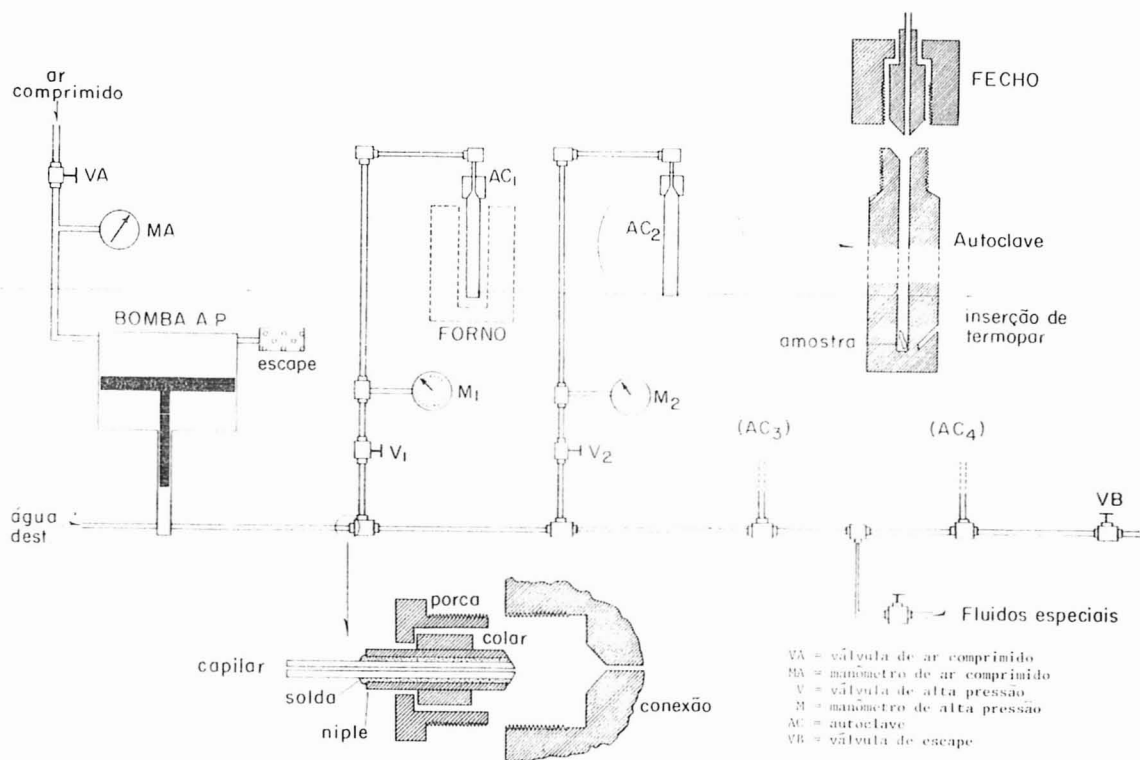


FIG. 1. Sistema de pressão.

Os controladores indicadores de temperatura dos equipamentos originais foram substituídos. Comandados por células foto-elétricas, apresentaram desde logo, uma série de defeitos, além da indesejável oscilação de temperatura, de difícil correção. Além disso, apresentaram o inconveniente de, em casos de cortes de energia elétrica, interromper o circuito elétrico que somente com comando manual poderia ser novamente acionado. Este fato traz graves inconvenientes, mesmo dispondo-se de gerador comum de emergência pois, o abaixamento da pressão provocado pelo abaixamento da temperatura pode inutilizar toda uma experiência em andamento, às vezes de duração de semanas.

Por esse motivo, os registradores controladores originais foram substituídos por microcontroladores do tipo PID variável (proporcional-integral-derivativo) com circuito integrado, transistorizado e controle praticamente linear da temperatura, com a vantagem do funcionamento automático quando do restabelecimento da energia elétrica.

Na ampliação do laboratório e construção de novos equipamentos alguma experiência pode ser transmitida.

Os constituintes do sistema de pressão, salvo raras exceções não foram encontrados no mercado doméstico. No entanto, a simples montagem das peças do equipamento (principalmente do circuito de capilares) já apresenta vantagens econômicas.

A bomba, por suas características técnicas de alta qualidade, como robustez, transmissibilidade integral das forças nos dois pistões, incomunicabilidade entre a secção de ar comprimido e hidráulica, lubrificação automática etc., não encontra similar de fabricação nacional. No entanto, uma só bomba pode pressurizar um número indefinido de autoclaves, desde que o circuito de capilares seja provido de válvulas que seccionem o circuito em várias partes, pressurizando uma secção de cada vez. Assim, numa ampliação, a bomba, peça bastante onerosa do equipamento, não precisa ser adquirida.

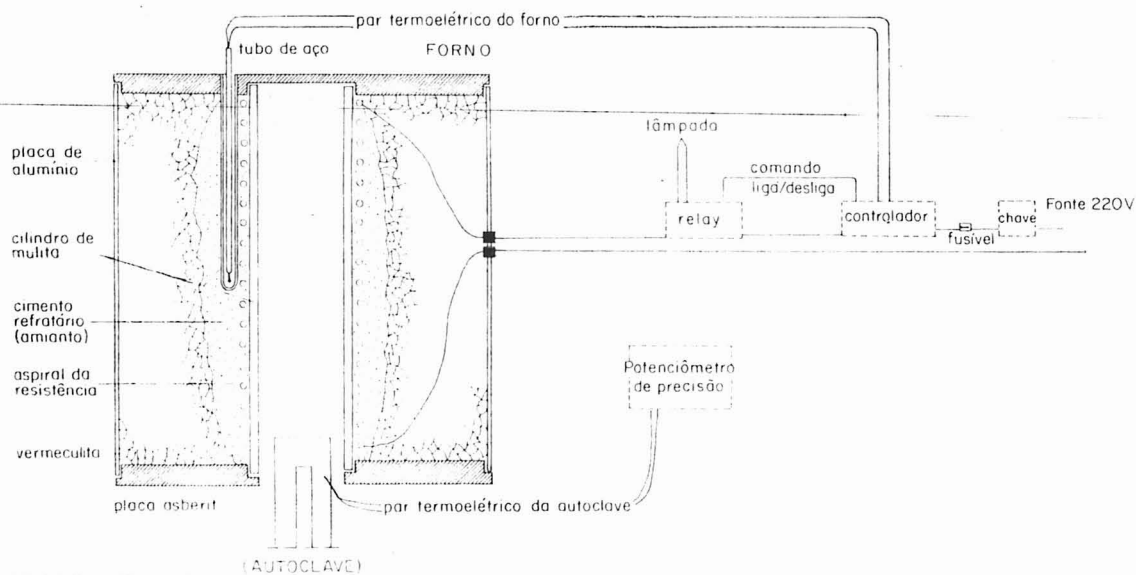


FIG. 2. Sistema térmico.

Em função da ampliação e da disposição dos diferentes componentes do equipamento, é calculada a metragem de tubos capilares necessária para a ampliação desejada assim como o número de conexões, válvulas e manômetros. Posteriormente, efetuam-se cortes, solda especial à prata, montagem e testes na linha de montagem.

As autoclaves podem ser fabricadas no país, desde que se disponha dos aços especiais de especificação garantida de composição e construção, bastante rígidas e apropriadas para cada liga, e de uma entidade que proceda a todos os testes necessários e suficientes para a comprovação da qualidade da peça acabada (por exemplo, IPT-USP).

O sistema térmico pode ser construído inteiramente com material nacional, tendo-se as especificações técnicas de seus componentes, com vantagem econômica e facilidade de reposição de peças.

Os diversos componentes do equipamento devem ser montados segundo um planejamento cuidadoso e fixados num console de estrutura rígida, a fim de evitar perturbações no alinhamento adequado prévio. O esquema de montagem deve seguir critérios de maior facilidade de controle e manuseio durante a operação (fig. 3).

Cuidados especiais devem ser tomados no circuito de capilares quanto ao corte, limpeza, solda, encurvamento e fixação das conexões, válvulas e manômetros. Estes últimos devem ser colocados em posição de fácil observação, alinhados e calibrados e, juntamente com as válvulas e conexões, devem ser bem fixados à estrutura do equipamento.

Os fornos são ligados à estrutura através de suportes laterais (tubos de alumínio) que lhes servem de guia para um perfeito ajuste com a autoclave.

TRABALHOS EFETUADOS — SISTEMA Mn-Si-C-O-H

O estudo das paragêneses mineralógicas de rochas metamórficas manganíferas é de grande interesse

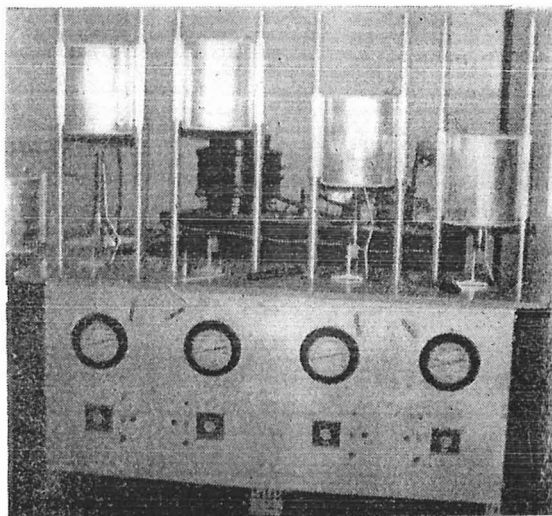


FIG. 3. Equipamento com 4 autoclaves construído no Dep. Mineralogia e Petrologia, IG-USP.

geológico, pois, quando submetidas à ação do intemperismo superficial, em condições favoráveis, estas rochas podem dar origem a corpos de minério desse elemento, sendo por isto denominadas de protominérios de Mn.

Originalmente, antes de sofrer metamorfismo, estas rochas constituíam sedimentos ricos em Mn, sendo de grande importância estabelecer as relações entre a composição desse sedimento original, o tipo de metamorfismo (T, P e demais fatores físico-químicos) e a associação mineral resultante (mineralogia do protominério).

Uma vez estabelecidas estas relações, podem-se inferir, em corolário, informações sobre o tipo de sedimento (ambiente pretérito de sedimentação e estratigrafia antiga) as condições físico-químicas que

atuaram e/ou prevaleceram no metamorfismo, e o equilíbrio atingido, resultando em determinada associação mineralógica. Essas relações permitem ainda estabelecer critérios para estudos de zoneamento metamórfico e guias para prospeção geológica.

Em trabalho recente, Peters, Valarelli e Candia (1974) apresentam uma revisão dos trabalhos experimentais envolvidos no sistema Mn-Si-C-O-H, com contribuições teóricas e experimentais próprias (Candia, 1975, Valarelli e Candia, 1972, Candia, Peters e Valarelli, 1975), apresentando os resultados num diagrama paragenético, válido para pressão total de 2.000 bars, em função de $\log f_{O_2}$ e da temperatura, reproduzido abaixo como exemplo (fig. 4).

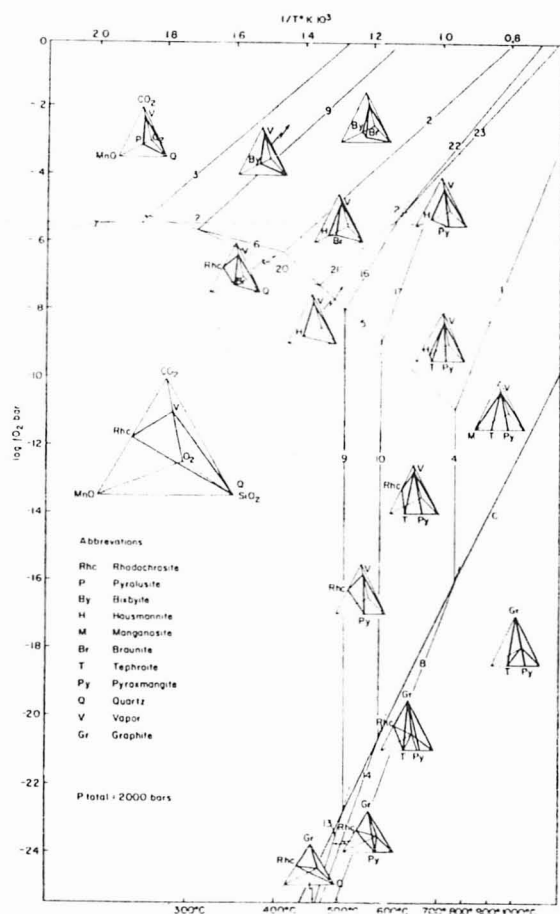


FIG. 4. Diagrama de estabilidade $1/T$ - $\log f_{CO_2}$ das fases do sistema Mn-Si-C-O, à pressão total de 2.000 bars, conforme Peters, Valarelli e Candia (1974).

REFERÊNCIAS

- Barnes, H. L. e Ernst, W. G., 1963. Ideality and ionization in hydrothermal fluids: The system $MgO-H_2O-NaOH$. *Am. J. Sci.*, 261:129-150.
- Candia, M. A. F., 1975. Relações de estabilidade de rodochrosita-pyromangita-tefroita e quartzo à pressão total de 500 atmosferas, em presença de $H_2O + CO_2$. *Tese de Mestrado*, IG-USP.
- Candia, M. A. F., Peters, T. J. and Valarelli, J. V., 1975. The experimental investigation of the reactions $MnCO_3 + SiO_2 = MnSiO_3 + CO_2$ and $MnSiO_3 + MnCO_3 = Mn_2SiO_4 + SiO_2$ in CO_2/H_2O gas mixtures at a total pressure of 500 bars. *Contribution to Mineralogy and Petrology*, 52:261-266.
- Eugster, H. P., 1957. Heterogenous reactions involving oxidation and reduction at high temperatures and pressures. *J. Chem. Phys.*, 26:1760-1761.
- Eugster, H. P. and Wones, D. R., 1962. Stability relations of the ferruginous biotite, annite. *J. Petrol.*, 3:82-125.
- French, B. M. and Eugster, H. P., 1965. Experimental control of oxygen fugacities by graphite-gas equilibria. *J. Geophys. Res.*, 70:1529.
- Greenwood, H. J., 1967a. Wollastonite: Stability in H_2O-CO_2 mixtures and occurrence in a contact-metamorphic aureole near Salmon, British Columbia, Canada. *Am. Min.*, 52: 1669-1680.
- Greenwood, H. J., 1967b. Mineral Equilibria in the system $MgO-SiO_2-H_2O-CO_2$ in Abelson, P. H., 1967. *Researches in geochemistry* 2.º volume — John Wiley & Sons, inc. — N.Y.
- Harker, R. I., 1958. System $MgO-CO_2$ argon and the effect of inert pressure on certain types of hydrothermal reaction. *Am. J. Sci.*, 256:128-138.
- Harker, R. I. and Tuttle, O. F., 1956. Experimental data on the P_{CO_2} — T curve for the reaction calcite + quartz = wollastonite + carbon dioxide. *Am. J. Sci.*, 254:293.
- Peters, T. J., Valarelli, J. V. e Candia, M. A. F., 1974. Petrogenetic grids from experimental data in the System Mn-Si-C-O-H. *Rev. bras. Geoc.*, 4:15-26.
- Skippen, G. B., 1971. Experimental data for reactions in siliceous marbles. *Journ. geology*, vol. 79:457-481.
- Skippen, G. B., 1974. An experimental model for low pressure metamorphism of siliceous dolomitic marble. *Am. J. Sci.*, 274:487-509.
- Turnock, A. C. and Eugster, H. P., 1962. Fe-Al-oxides: phase relationships below 1.000°C. *J. Petrol.*, 3:533-565.
- Valarelli, J. V. e Candia, M. A. F., 1972. Estudo paragenético experimental de depósitos metamórficos de manganês. *XXIª Congr. Bras. Geol., Belém. Bol. Esp. n.º 1*:178-179.
- Yoder, H. S., Jr., 1954. *Analite-Annual Report of the Director of the Geophysical Laboratory, 1953-1954*. Carnegie Inst. Wash. Year Book, 53.
- Yoder, H. S. and Eugster, H. P., 1955. Synthetic and natural muscovites. *Geoch. Cosmoch. acta*, 8:225.

AGRADECIMENTOS

Os autores desejam manifestar seus agradecimentos ao Conselho Nacional de Pesquisas, pelos auxílios financeiros concedidos, à Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo pela concessão de bolsa de aperfeiçoamento e pagamentos de despesas alfundegárias, aos Funcionários do Instituto de Geociências da Universidade de São Paulo que colaboraram na construção de novos equipamentos e ao prof. dr. Tjerk Peters da Universidade de Berna pelo apoio e estímulo que prestou a este laboratório.

EVAPOTRANSPIRAÇÃO POTENCIAL E BALANÇO HÍDRICO NO PARQUE DO ESTADO, SÃO PAULO — SP.

Recebido para publicação em 5/1/1976

PAULO MARQUES DOS SANTOS e FREDERICO LUIZ FUNARI, Departamento de Meteorologia, Instituto Astronômico e Geofísico da Universidade de São Paulo, Caixa Postal 30.627, São Paulo, SP., Brasil.

ABSTRACT. Potential evapotranspiration and water balance in the Parque do Estado, São Paulo — SP. The water balance in the Parque do Estado, São Paulo — SP, was determined by using monthly normals of precipitation for the period 1933-1972 and temperature