

UM NOVO TIPO DE ESTRUTURA EM LAVAS ULTRAMÁFICAS: GREENSTONE BELT CRIXÁS, GO

RAUL MINAS KUYUMJIAN* e NOEVALDO ARAÚJO TEIXEIRA**

ABSTRACT This paper describes a new type of ultramafic flow at the basal portion of Crixás Greenstone Belt. It is characterised by randomly distributed orbicular structures of various dimensions. The structures show a carbonate nucleus and an external shell of talc, serpentine, and chlorite. Sometimes, centrally structured pseudomorphs of pyroxene and olivine are observed.

The structures are thought to be originated from local turbulent flows provoked by lamellar flow of ultramafic lava according to the model of Alexander and Heinrich (1978) to orbicular lamprophyres of the alkaline mafic intrusion of Fremont County, Colorado.

Occurrence of such structures in ultramafic lavas reinforces the possibility that liquid migration by lamellar flow, and consequent local turbulences along its trajectory, may originate orbicular structures. Besides, the presence of pseudomorphs found in the center of the orbicules suggests the previous existence of olivine crystals in suspension in the ultramafic magma.

INTRODUÇÃO Desde o reconhecimento e a descrição inicial das rochas ultramáficas da região de Barberton Mountain Land como lavas, por Viljoen e Viljoen (1969), grande número de trabalhos tem sido desenvolvido visando descrever os vários e exóticos padrões texturais e estruturais dessas rochas (Wilson *et al.*, 1969; McCall e Leishman, 1971; Nesbitt, 1971; Williams, 1972; Pyke *et al.*, 1973; Lajoie e Gélinas, 1978; Arndt *et al.*, 1977 e 1979; e Teixeira *et al.*, 1981). Em nenhuma dessas publicações é mencionada a presença de estruturas circulares concêntricas do tipo orbicular.

Embora as estruturas orbiculares não caracterizem um ambiente geológico específico, sua identificação nas lavas ultramáficas do *Greenstone Belt* Crixás traz novos dados quanto à mecânica de migração dos líquidos ultrabásicos e, evidentemente, à própria evolução vulcânica da região.

Nosso trabalho descreve esse novo padrão estrutural, ratificando o modelo genético (perturbações no regime de fluxo) proposto por Alexander e Heinrich (1978) para as estruturas orbiculares encontradas em diques de lamprófiros no complexo máfico-alcálico de Fremont County, no Colorado.

ESTRUTURAS ORBICULARES GENERALIDADES

Entende-se por orbículas estruturas esferoidais concêntricas com textura e mineralogia distintas no núcleo e na margem. Quando tais estruturas não apresentam um núcleo envolvido claramente por níveis concêntricos, devem, segundo Leveson (1966), ser denominadas proto-orbículas.

Segundo Leveson (*op. cit.*), rochas orbiculares têm sido reconhecidas como curiosidade geológica desde sua identificação inicial por Von Buch (1802). Orbículas ocorrem em rochas ígneas e metamórficas (dioritos, noritos, tonalitos, granitos, tinguaítos, andesitos, xistos, lamprófiros) com considerável variação composicional, textural e mineralógica.

Além disso, tais estruturas apresentam-se em distintos ambientes geológicos implicando um grande número de possibilidades genéticas. Salotti e Fouts (1964), Johannsen (1937) e Leveson (1966) concluem que inexistente uma única hipótese genética aplicável à formação de todos os tipos de orbículas.

ESTRUTURAS ORBICULARES NO GREENSTONE BELT CRIXÁS

O *Greenstone Belt* Crixás foi considerada por Sabóia (1979) como um alongado cinturão vulcano-sedimentar de direção N-NE, constituindo-se em três faixas independentes: Crixás, Guarinos e Pilar. A Faixa Crixás acha-se envolvida a oeste, leste e sul por extensos terrenos siálicos, e a norte por metassédimentos do Grupo Araxá (?) (Fig. 1.)

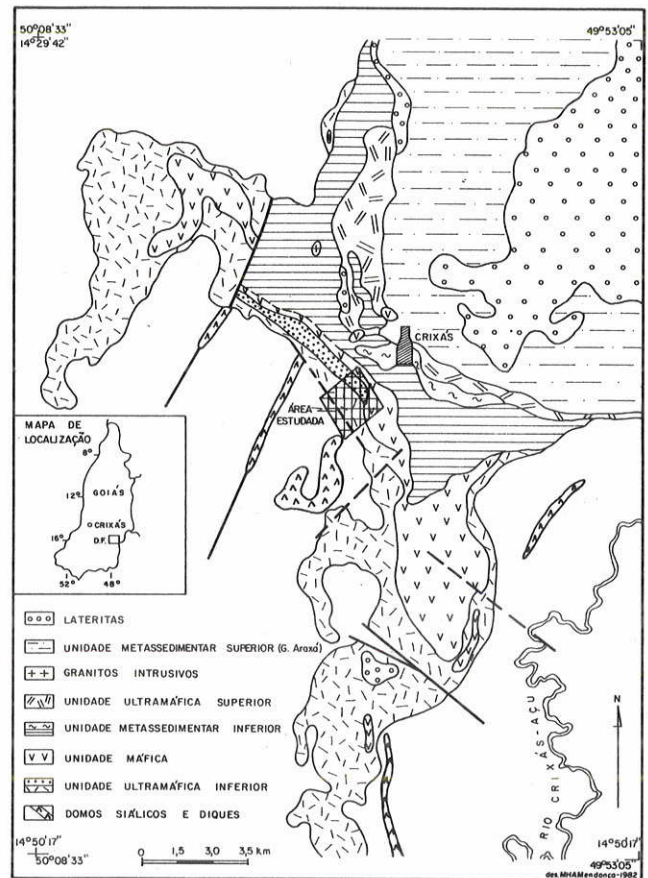


Figura 1 — Geologia simplificada do greenstone belt da faixa Crixás, GO

* Departamento de Geociências, Universidade de Brasília, DF
** Metais de Goiás S.A. (METAGO) Goiânia, GO

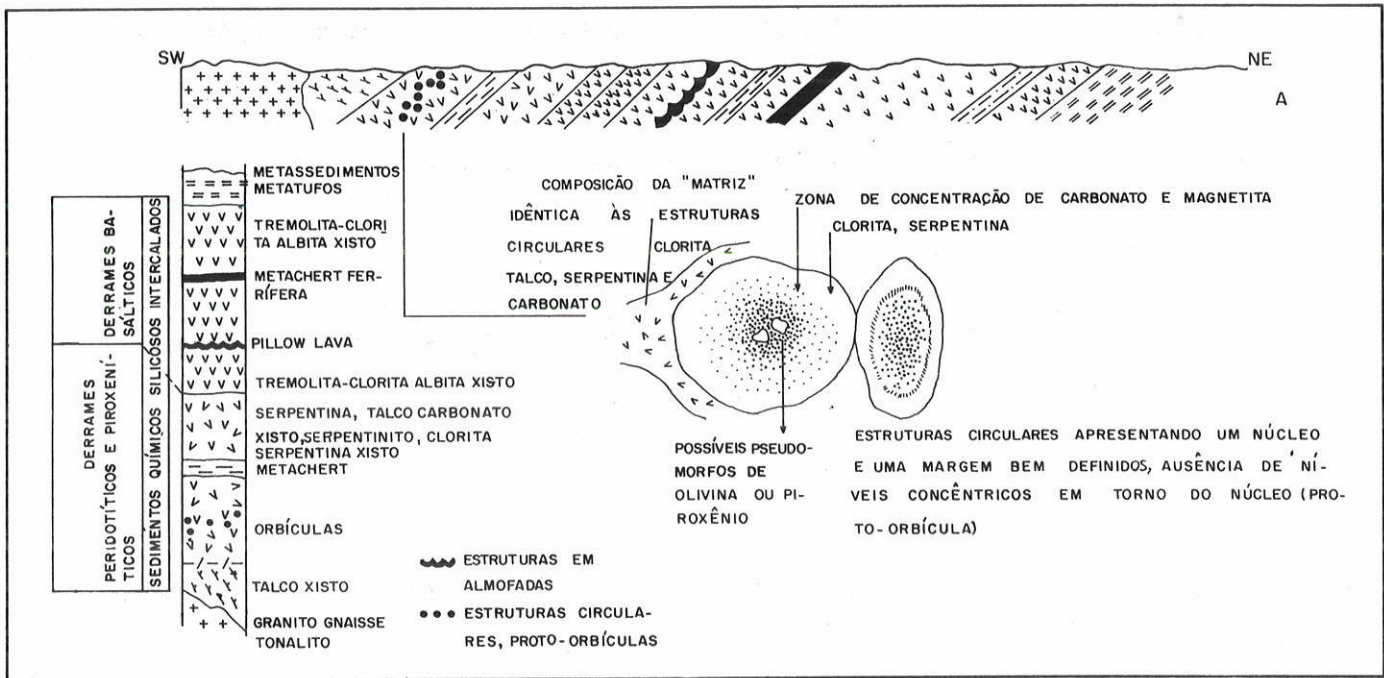


Figura 2 – Perfil geológico simplificado da área de ocorrência das estruturas orbiculares

Na base do cinturão predomina espesso pacote de lavas ultramáficas de composição peridotítica e piroxenítica komatiítica, apresentando distintos padrões texturais e estruturais já descritos por Teixeira *et al.* (1981). Ocorrem em alguns casos intercalações de metachert ferrífero, sedimentos tufogênicos e corpos intrusivos piroxeníticos e gabróicos. A unidade intermediária é fundamentalmente caracterizada por derrames basálticos komatiíticos maciços e almofadados além de finos estratos químicos silicosos e tufo de natureza variada. O topo caracteriza-se por predominância de estratos sedimentares em relação à contribuição vulcânica. Ainda assim constata-se a recorrência do vulcanismo ultramáfico (Kuyumjian, 1981).

As estruturas orbiculares aqui estudadas ocorrem na porção oeste do cinturão e fazem parte de uma sucessão de derrames ultramáficos peridotíticos maciços basais, dispostos alternadamente com estreitos níveis de metachert. Es-

truturas semelhantes foram reconhecidas por J.H.G. Castro (com. verbal) em outras porções da seqüência. Em função da ação metamórfica regional, as rochas ultramáficas primárias, que detêm essas feições, foram transformadas em xistos constituídos por proporções variáveis de talco, serpentina, clorita e carbonato. Essa unidade ultramáfica, em direção ao topo, alterna-se com derrames máficos tipo "pillow" (Fig. 2).

As orbículas constituem estruturas circulares de dimensões variáveis entre 3 e 15 cm de diâmetro dispostas ao longo do derrame ultramáfico (Fotos 1 e 2). As estruturas não apresentam perfeito zoneamento concêntrico a partir do núcleo. Normalmente, são encontradas duas porções bem definidas: uma central, constituída predominantemente por carbonato e outra, periférica, à base de clorita, serpentina e talco (Fotos 3 e 4). Tais minerais também ocorrem na porção central da orbícula, embora em quantidades subordinadas. Cristais de magnetita estão dispersos no núcleo da estrutura ou formam alguns agregados concêntricos não muito bem estabelecidos (Foto 5).

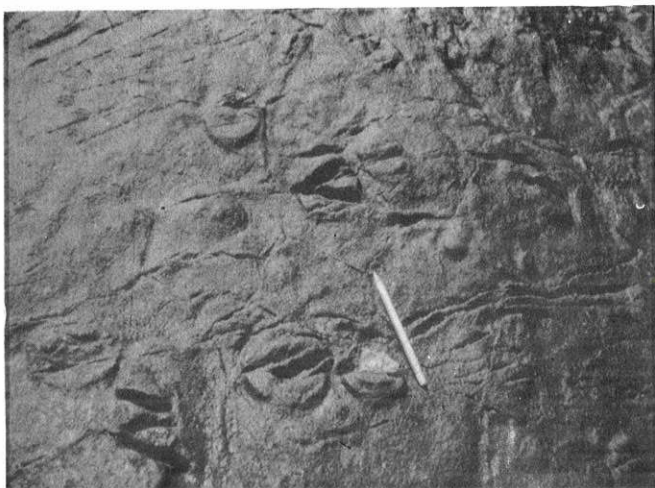


Foto 1 – Estruturas orbiculares em derrames ultramáficos maciços

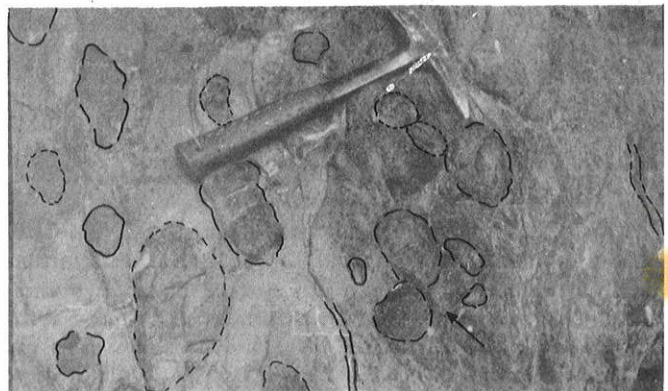


Foto 2 – Agregados de estruturas orbiculares, algumas com formas esféricas. A seta indica a possível coalescência de duas estruturas

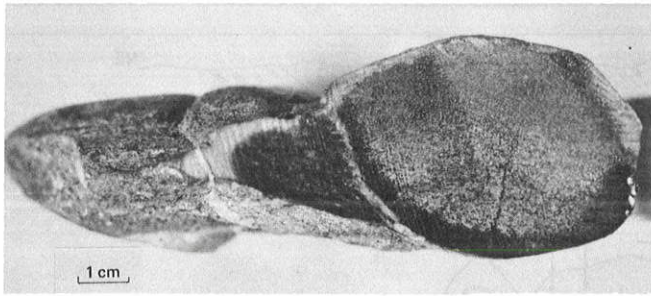


Foto 3 — Amostra de mão cujo corte apresenta uma estrutura orbicular. Percebe-se uma camada externa estreita constituída basicamente por serpentina e talco. A zona central apresenta maior predominância de carbonato.

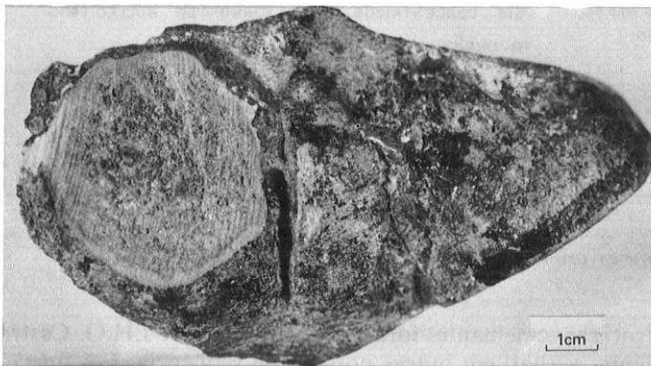


Foto 4 — Amostra de mão evidenciando uma carbonatização do centro da estrutura. O nível mais externo é estreito e descontínuo.

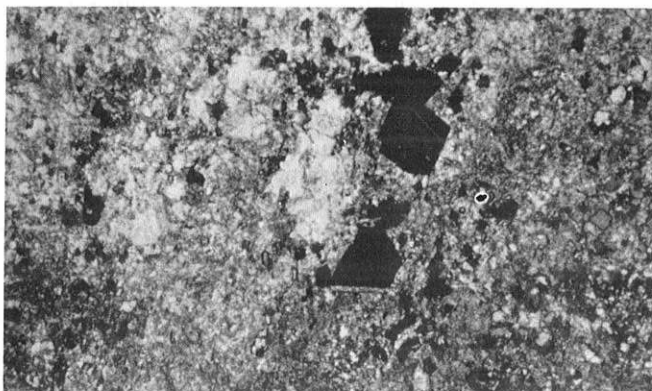


Foto 5 — Microfoto apresentando o centro da estrutura orbicular com mineralogia a base de clorita, serpentina, talco e carbonato. Notar os cristais bem formados de magnetita no centro da foto. L. P. Aumento 13 x

Algumas estruturas circulares resultam, em alguns casos, de um crescimento mineralógico radial. Os cristais radiais primários, possivelmente olivina, são representados por ripas totalmente transformadas em serpentina. Nas formas circulares sem crescimento radial é razoavelmente comum, nos núcleos das estruturas, a presença da pseudomorfose possivelmente de olivina ou piroxênio transformados em talco e carbonato (Foto 6). Essa feição pode ter um importante significado genético já que tais pseudomorfos devem representar os fenocristais (materiais sólidos) em suspensão no magma ultrabásico.

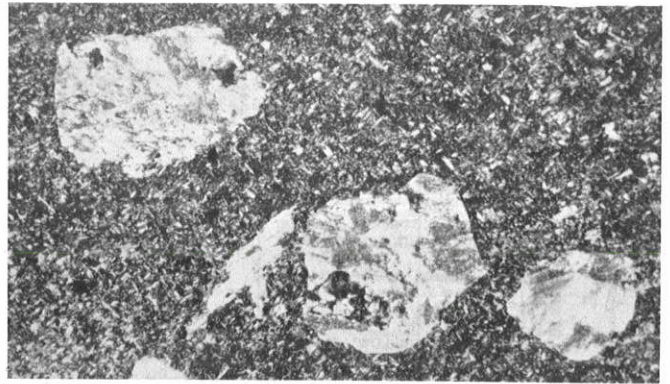


Foto 6 — Microfoto apresentando o centro das estruturas orbiculares. Formas euédricas constituídas por talco, serpentina e carbonato devem representar pseudomorfos de cristais de olivina ou piroxênio. L. P. Aumento 13 x

ORIGEM DAS ORBÍCULAS Entre as várias hipóteses existentes para explicar a origem das estruturas orbiculares (imiscibilidade líquida, Moore e Lockwood, 1973; transporte de núcleos através de magma, Ray, 1952; origem magmática, Leveson, 1966; reações metassomáticas, Conybeare, 1951; diferenciação no derrame, Alexander e Heinrich, 1978; reações de xenólitos, Salotti e Fouts, 1964; segregações magmáticas, Ramsay, 1955; e concreções metassedimentares, Pettijohn, 1940), apenas a de Alexander e Heinrich (1978) pode ser usada para explicar a origem das orbículas dos derrames ultrabásicos de Crixás.

Alexander e Heinrich indicam que a presença de orbículas em diques de lamprófiros do complexo máfico alcalino no Colorado (EUA) decorre inicialmente de um processo de diferenciação do fluxo magmático. O magma contendo materiais em suspensão, como fenocristais, xenólitos e pequenas partículas, poderia, por um processo de separação, segregar finas camadas de componentes mineralógicos mais densos. Essas camadas se desenvolveriam paralelamente às paredes do conduto. Enrugamento da parede do canal induz a uma mudança no regime de fluxo laminar que, em contato com algum fenocristal, xenocristal ou xenólitos, sofre complexas contorções, formação de lóbulos e dobras, precursoras das orbículas (Fig. 3).

Os efeitos físicos adicionais considerados como responsáveis pelos mecanismos de diferenciação de fluxo magmático incluem forças de Magnus, efeitos gravitacionais, viscosidade do fluido, densidade, tamanho das partículas, distribuição da velocidade e turbulência do fluxo laminar.

FORMAÇÃO DAS ORBÍCULAS O modelo proposto por Alexander e Heinrich (1978) para explicar o mecanismo de formação de orbículas tem como condição primeira um fluxo laminar para os derrames vulcânicos.

Devido a reversões na direção do fluxo, surgem zonas de divergência e compressão que causam dobras e contorções, propiciando a formação de orbículas. A Fig. 3 ilustra, esquematicamente, os estágios desse mecanismo.

O Estágio I representa a contorção de uma camada: a Fig. 3a mostra a direção do fluxo laminar sobre a contorção e o local onde se inicia a turbulência; os vetores da Fig. 3b representam o grau de soerguimento em uma determinada direção acima da camada, causando desaceleração e, conseqüentemente, um soerguimento sobre a área.

O Estágio II compreende a formação de um lóbulo: a Fig. 3c mostra uma maior turbulência devido a uma maior divergência do fluxo laminar. Em função do aumento de seu tamanho, o lóbulo oferece maior resistência ao fluxo e é inclinado em concordância com a direção do fluxo, segundo um ângulo (a) (Fig. 3d).

No Estágio III, a força de soerguimento supera a coesão da camada na base do lóbulo e uma orbícula é então formada (Figs. 3e e 3f).

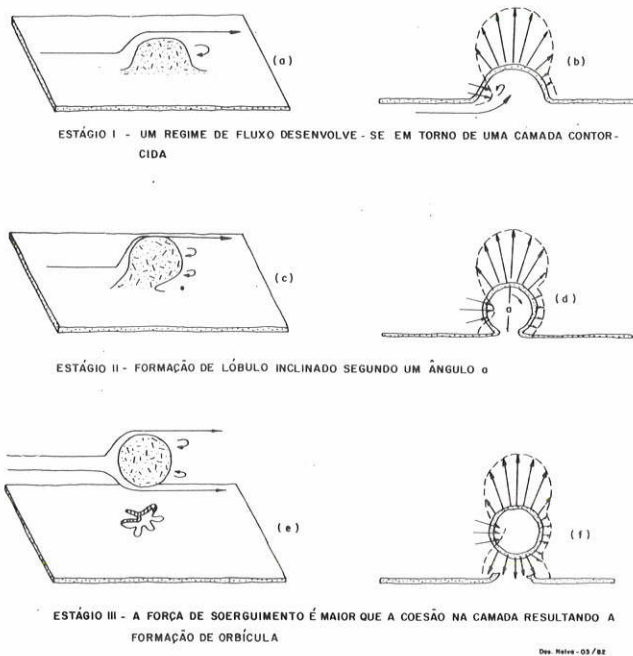


Figura 3 - Formação de orbículas (esquema de Alexander e Heinrich, 1978)

TIPOS DE DERRAMES ULTRAMÁFICOS Com a caracterização dos derrames orbiculares em Crixás, são conhecidos agora dez tipos morfológicos específicos de lava ultrabásica presentes no Arqueano (Brasil, Canadá, Austrália, África do Sul, Finlândia, Índia e Groenlândia), no Proterozóico (Canadá e Saara) e no Mesozóico (Colômbia). As últimas descrições dessas rochas em áreas de idade fanerozóica descaracterizam o conceito de que as mesmas seriam provenientes de condições ambientais bastante particulares e restritas no Arqueano.

Não temos a intenção de discutir as particularidades quanto ao mecanismo de formação dos derrames ultramáficos mas tão-somente ilustrar seus diversos padrões tipológicos. A ilustração do derrame orbicular da região de Crixás é extremamente esquemática pois não é possível reconstituir integralmente todas as unidades da lava (Fig. 4).

ALGUMAS CONSIDERAÇÕES QUANTO À FORMAÇÃO DAS ORBÍCULAS NAS LAVAS ULTRAMÁFICAS O modelo que utilizamos para explicar a gênese das estruturas orbiculares nas lavas ultramáficas de Crixás foi, como já vimos, desenvolvido por Alexander e Heinrich (1978) para estruturas similares em corpos cristalizados em subsuperfície.

Embora essas condições geológicas sejam diferentes das que estudamos, em ambos os casos o comportamento da

lava pode ser considerado o mesmo, desde que sua superfície de migração tenha sido relativamente plana. Tal condição parece ter existido em relação ao extravasamento das lavas ultrabásicas de Crixás, pois nessa região é comum a presença de derrames com zona de textura spinifex de espessura fina e grande continuidade lateral, denotando assim uma topografia suave quando do extravasamento. Tal condição é fundamental já que inibe as zonas de turbulência, favorecendo assim o fluxo laminar contínuo.

Além disso, a aplicabilidade do modelo de Alexander e Heinrich (*op. cit.*) para a formação de orbículas depende fundamentalmente de três pontos básicos: a) possibilidade de migração da lava através de fluxo laminar, b) presença de material sólido em suspensão; e c) possibilidade de separação do material mais denso em finas bandas. Torna-se ainda necessário que a composição do núcleo das orbículas seja equivalente à matriz e que nas camadas concêntricas não ocorra bandamento químico periódico. Tais exigências aparentemente são satisfeitas pelas condições de migração das lavas ultrabásicas e pelas feições encontradas nas estruturas orbiculares em Crixás.

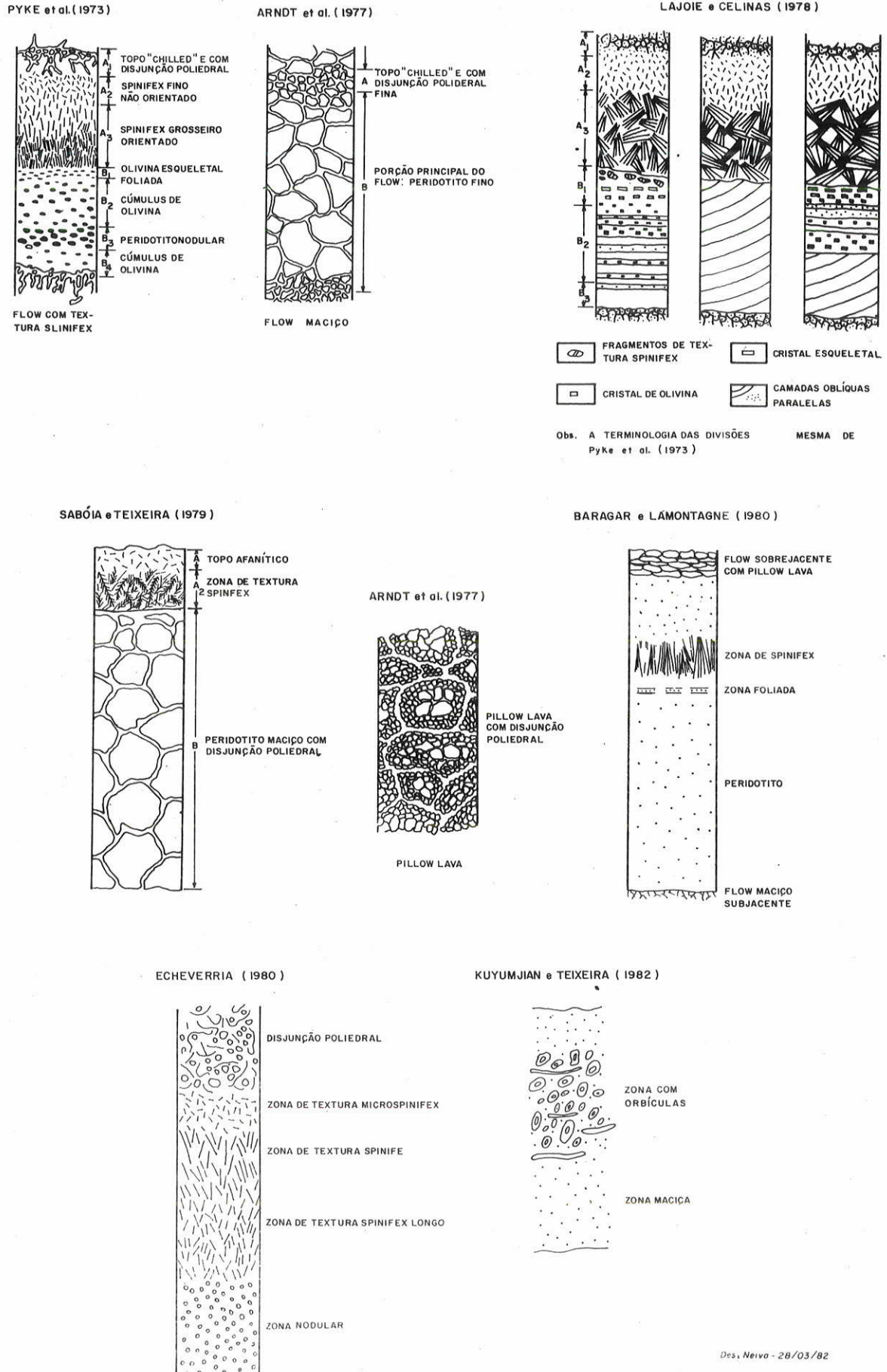
A migração das lavas ultrabásicas através de fluxo laminar tem sido proposta por vários pesquisadores. Nesbitt (1970) utiliza tal mecanismo para explicar a grande espessura das zonas com spinifex. Irvine (1965) justifica a ausência de estruturas de tração em rochas ultramáficas pela natureza laminar do derrame. Lajoie e Gélinas (1978) explicam a presença de *reverse grading* na zona B dos derrames por eles estudados por meio do fluxo laminar.

Quanto à presença de materiais sólidos no magma ultrabásico, também nos parece plenamente viável já que a própria formação dos diferentes tipos de derrames tem sido explicada pelas distintas proporções entre líquido e fenocristais. Arndt *et al.* (1977), Pyke *et al.* (1973) e Arndt (1976) têm proposto a extrusão do magma ultrabásico contendo alta proporção de olivina. Embora considerasse como mais viável apenas uma pequena proporção de fenocristais, Arndt (1979) não exclui a presença dos mesmos.

A ocorrência de bandas diferenciadas nos derrames não foi até agora claramente caracterizada; em relação a Crixás, acreditamos que será praticamente impossível reconstituí-las integralmente em função da segregação metamórfica e tectônica. De qualquer forma, nos derrames ultrabásicos ocorrem diferenciação e separação dos minerais precocemente formados (fenocristais de olivina e cromita que estavam em suspensão), tornando portanto pelo menos teoricamente viável, ainda que localmente, o bandamento. Além disso, a concentração de grãos de olivina no centro dos derrames, deixando conseqüentemente as margens reduzidas neste mineral, atesta o mecanismo da diferenciação por fluxo.

Quanto à natureza composicional do núcleo e da matriz das orbículas de Crixás, podemos dizer que ambas apresentam fundamentalmente a mesma composição, variando apenas as proporções entre os minerais serpentina, clorita e carbonato. Da mesma forma, a distribuição desses minerais não apresenta uma regularidade periódica em relação à margem e ao núcleo das estruturas do tipo orbicular que pudesse denotar uma zonação química. Tais características inviabilizam a possibilidade de fenômenos de imiscibilidade, pelo menos em grande escala.

Concluimos dessa forma que as estruturas circulares do tipo orbicular encontradas no *Greenstone Belt* Crixás apresentam características explicadas por processos eminen-



Des. Neiva - 28/03/82

Figura 4 - Tipologia dos derrames ultramáficos encontrados do Arqueano ao Mesozóico

temente físicos decorrentes das condições de migração dos líquidos ultrabásicos. Os três pontos básicos do modelo de Alexander e Heinrich (1978) parecem satisfeitos pelas características e condições de formação das estruturas nos derrames ultrabásicos acima descritos.

Agradecimentos Somos gratos à Diretoria Técnica da METAGO por ter franqueado suas áreas de pesquisa para este estudo e, particularmente, aos colegas Carlos Maranhão Gomes de Sá e Luiz Fernando Magalhães, pelo incentivo.

BIBLIOGRAFIA

- ALEXANDER, D.H. e HEINRICH, E.W. — 1978 — Petrogenesis of an Orbicular Lamprophyre Dike, Fremont County, Colorado. Anais do I Simpósio Internacional de Carbonatitos. Poços de Caldas, MG, Brasil.
- ARNDT, N.T. — 1976 — Ultramafic Rocks of Munro Township: Economic and Tectonic Implications. In: *Metallogeny and Plate Tectonics*. D.F. Strong ed., pp. 617-657.
- ARNDT, N.T., FRANCIS, D. e HYNES, A.J. — 1979 — The field characteristics and petrology of Archean and Proterozoic Komatiites. *Canadian Mineralogist* 8:155-156.
- ARNDT, N.T., NALDRETT, A.J. e PYKE, D.R. — 1977 — Komatiitic and ironrich tholeiitic lavas of Munro Township, northeast Ontario. *J. Petrology* 18:319-369.
- JOHANNSEN A. — 1937 — A descriptive petrography of the igneous rocks. II. Univ. Chicago Press. Chicago. III pp.
- KUYUMJIAN, R.M. — 1981 — Geologia e Mineralizações Auríferas do "Greenstone Belt" da Faixa Crixás-GO. Tese de Mestrado. Departamento de Geociências, Universidade de Brasília, 72 pp.
- LAJOIE, J. e GELINAS, L. — 1978 — Emplacement of Archean peridotitic Komatiites in La Motte Township, Quebec. *Can. J. Earth Sci.* 15: 672-677.
- LEVESON, D.J. — 1966 — Orbicular Rocks: A Review. *Geol. Soc. Amer. Bull.* 77:409-426.
- McCALL, G.J.H. e LEISHMAN, J. — 1971 — Clues to the origin of Archean peridotitic Komatiites in La Motte nature of serpentinisation. *Geol. Soc. Aust. Spec. Publ.* 3:281-299.
- NESBITT, R.W. — 1971 — [Skeletal Crystal forms in the ultramafic rocks of the Yilgarn Block, Western Australia. Evidence for an Archean ultramafic liquid. *Geol. Soc. Aust. Spec. Publ.* 3:331-348.
- PYKE, D.R., NALDRETT, A.J. e EKSTRAND, O.R. — 1973 — Archean ultramafic flows in Munro Township, Ontario. *Geol. Soc. Amer. Bull.* 84:955-978.
- SABÓIA, L.A. — 1979 — Os "greenstone belts" de Crixás e Goiás-GO. Soc. Bras. de Geol. Núcleo Centro-Oeste. Bol. Inf. n.º 9, pp. 44-72.
- SALOTTI, C.A. e J.A. FOUTS — 1964 — Orbicule formation through intrusive brecciation and compositional reorganization. *Mountain Geol.* 1(4):203-212.
- TEIXEIRA, N.A., SABÓIA, L.A., FERREIRA, M.C.B., TEIXEIRA, A.S. e CASTRO, J.H.G. — 1981 — Estruturas e Texturas das Lavas Ultrabásicas e Básica do "Greenstone Belt" de Crixás, Goiás, Brasil. Soc. Bras. de Geol. Núcleo Centro-Oeste. Bol. Inf. n.º 10, pp. 33-87.
- VILJOEN, M.J. e VILJOEN, R.P. — 1969a — The geology and geochemistry of the lower ultramafic unit of the Onverwacht Group and a proposed new class of igneous rocks. In: Upper Mantle Project. *Geol. Soc. S. Afr. Spec. Publ.* 2:55-85.
- VILJOEN, N.J. e VILJOEN, R.P. — 1969b — Evidence for the existence of a mobile extrusive peridotitic magma from de Komati Formation of the Onverwacht Group. In: Upper Mantle Project. *Geol. Soc. S. Afr. Spec. Publ.* 2:87-112.
- VILJOEN, M.J. e VILJOEN, R.P. — 1969c — The geological and geochemical significance of the upper formations of the Onverwacht Group. In: Upper Mantle Project. *Geol. Soc. S. Afr. Spec. Publ.* 2:113-151.
- WILLIAMS, D.A.C. — 1972 — Archean Ultramafic, mafic and associated rocks, Mt. Monger, Western Australia. *J. Geol. Soc. Aust.* 19:163-188.
- WILSON, H.D.B., KILBURN, L.C., GRAHAM, A.R. e RAMLAL, K. — 1969 — Geochemistry of some Canadian nickeliferous ultrabasic intrusions. In: *Magmatic Ore Deposits* (H.D.B. Wilson, ed.), *Econ. Geol. Mon.* 4:294-309.

Recebido em 23 de julho de 1982