

**MINERAIS DE ORIGEM MANTÉLICA EM CONCENTRADOS DA DIATREMA JANJÃO,  
LAGES, SANTA CATARINA**

*Luiz F. Scheibe – Departamento de Geociências da Universidade Federal de Santa Catarina  
Darcy P. Svisero – Instituto de Geociências da Universidade de São Paulo.*

*Apoio financeiro CNPq*

**ABSTRACT**

The Janjão diatreme intrudes gondwanic sedimentary rocks from the Lages Dome in the Lages Alkaline District, Santa Catarina State, southern Brazil. Geophysical surveys carried out on the diatreme revealed that main dimensions are 50x200 m with the main axis trending N40E. Microprobe analyses of the minerals recovered on the Janjão as well as from other breccias in the district show compositions typical of mantle origin.

The garnets are red and contain MgO (~21%) and Cr<sub>2</sub>O<sub>3</sub> (0.2-2%) being similar to the garnets of garnet lherzolites from kimberlites. Ilmenites have MgO (~3.5%) and plot inside the field of kimberlitic ilmenites although near the field of basaltic ilmenites. Janjão ilmenites have low MnO contents being easily distinguished of carbonatic ilmenites. Clinopyroxenes include Cr-diopsides with Ca, Fe and Mg molecular contents similar to those of ultramafic xenoliths from kimberlites. However, their Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> amounts are somewhat higher than those of diopsides from kimberlite xenoliths. Cr-spinel, Ti-magnetite and also zircon from Janjão diatreme have been analysed, and Cr-spinel shows similarities with spinels from worldwide kimberlites.

The lack of information about the matrix of the Janjão diatreme, and the observation of certain discrepancies in the chemical compositions of the analysed minerals precludes the definition of the nature of the Janjão diatreme, but still allow to conclude that it is certainly of mantelic origin.

**INTRODUÇÃO**

O Distrito Alcalino de Lages (SC) compreende um expressivo número de corpos intrusivos ao nível das camadas sedimentares gondwanicas, expostas em um grande domo em que afloram desde o Grupo Itararé até a Formação Botucatu.

A geologia e a petrologia do distrito foram descritas recentemente por Scheibe (1986), que apresentou descrições sucintas de 35 diatremas, das quais pelo menos 4 apresentariam, segundo esse mesmo autor, características compatíveis com uma natureza kimberlítica: as brechas do Janjão, do Pandolfo, do Córrego dos Sete Passos e do Caveiras (Fig. 1).

Entre as diatremas citadas, a Janjão tem sido objeto de estudos de alhados, inclusive de trabalhos rudimentares de prospecção visando verificar uma possível mineralização em diamante. Entre outros trabalhos recentes, foi submetida a um levantamento geofísico com o objetivo de se determinar os parâmetros geométricos do corpo, e suas relações com as encaixantes locais (Svisero et al. 1985). Ela aflora nas imediações do perímetro urbano da cidade de Lages (SC), a algumas centenas de metros da pista do aeroporto local. O corpo é intrusivo em rochas sedimentares da borda sudeste da Bacia do Paraná, e apresenta-se coberto por um solo de alteração escuro que mascara a presença da intrusão. As encaixantes locais são arenitos de coloração amarela clara a cinza cla-

ra, pertencentes ao Grupo Passa Dois. Pouco mais de cem metros a SE existe um dique de fonolito com orientação aproximada E-W e sem relação direta anarente com a diatrema.

Os trabalhos de magnetometria, radiometria e gamaespectrometria realizados por Svisero et al. (1985) permitiram determinar que se trata de um corpo com dimensões da ordem de 50x200 metros com o eixo maior na direção N40E. A própria diatrema é cortada por um dique com direção aproximada E-W, e com espessura da ordem de 15 metros. Nos poços de pesquisa efetuados na área, ainda é possível verificar que a diatrema Janjão é constituída por uma brecha alterada de coloração verde amarelada e matriz argilosa, englobando uma proporção elevada de fragmentos de rochas sedimentares, em sua maioria angulares.

A diatrema do Pandolfo corta os arenitos da Formação Botucatu na porção oeste da cidade de Lages. Tem um diâmetro máximo da ordem de 100 metros, mas a sua forma não foi ainda definida. Apresenta também matriz esverdeada a amarelada, englobando muitos fragmentos de rochas sedimentares, além de nódulos de rochas de origem mais profunda e de cristais e fragmentos de minerais objetos do presente trabalho.

As outras duas ocorrências, do Córrego do Sete Passos e do Caveiras, são ainda menos conhecidas, tendo sido caracterizadas principalmente pelas feições geomorfológicas, e pela presença de minerais típicos obtidos em concentrados de peneira e bateia na drenagem local.

#### OS MINERAIS MANTÉLICOS

Dentre os minerais obtidos nesses concentrados, foram analisados em microsonda eletrônica cristais de granada, ilmenita, e clínopiroxênios (Scheibe 1986), além de cromoespinélio, titaniomagnetita e zircão (Svisero 1987). As amostras da diatrema Janjão predominam sobre os demais corpos em virtude dos estudos já realizados nessa diatrema.

**GRANADAS** - de um modo geral os cristais de granada são transparentes, avermelhados, e constituem fragmentos menores de 2mm, apresentando, via de regra, superfícies irregulares. A Tabela 1 reúne os dados referentes à composição química, à fórmula estrutural na base de 12 oxigênios, de seis amostras da diatrema Janjão, bem como de algumas amostras das brechas do Caveiras, do Córrego dos Sete Passos e do Pandolfo. Uma análise dos dados contidos na Tabela 1 evidencia o caráter magnesiano dessas granadas, as quais são constituídas essencialmente pela molécula piropo ( $Mg_3Al_2(SiO_4)_3$ ). Projetando-se os valores de Ca, Mg e Fe em um diagrama triangular como na Figura 2, verifica-se que há uma superposição desses valores com os que caracterizam o campo das granadas de lherzolitos que aparecem normalmente sob a forma de xenólitos em kimberlitos. Observa-se também uma superposição parcial com a parte superior do campo representado pelas granadas inclusas em diamantes naturais (Meyer 1977). Outro ponto que chama a atenção é a presença de cromio nessas granadas com teores de até 1,5% de  $Cr_2O_3$ . Piroxenos cromíferos são indicadores seguros de rochas procedentes do manto.

Utilizando-se o fluxograma de classificação proposto por Dawson & Stephens (1975), conclui-se que todas as amostras estudadas se enquadram no grupo 9 desse sistema. Granadas desse grupo caracterizam-se por conterem teores baixos de titânio, teores moderados de cromo, e valores baixos de cálcio. Granadas desse tipo ocorrem em lherzolitos encontrados sob a forma de xenólitos na maior parte dos kimberlitos conhecidos, incluindo inclusive, certos lherzolitos raros portadores de diamantes. Enquadram-se também nesse grupo, a maior parte das análises conhecidas de kimberlitos brasileiros divulgadas por Svisero et al. (1984), bem como as granadas de concentrados da Mina de diamantes de Romaria (MG), analisadas por Svisero (1979).

Essas características, embora não comprovem o caráter kimberlítico da diatrema Janjão e das outras hospedeiras destas granadas, pelo menos apontam claramente que esses minerais são de origem profunda sendo derivados do manto superior. Segundo Dawson (1984), os granada lherzolitos seriam formados numa faixa de temperaturas entre 900 e 1400 °C, o que corresponde a profundidades da ordem de 120 a 200 km.

**ILMENITAS** - as ilmenitas obtidas nos concentrados da diatrema Janjão e demais ocorrências estudadas mostram características físicas macroscópicas muito semelhantes à ilmenitas de kimberlitos (Bar-

det (1973). Assim sendo, exibem cor negra intensa, brilho submetálico a vítreo ou mesmo adamantino nas superfícies frescas de fratura recente, formas arredondadas, e superfície irregular corroída ("chagrinée").

A composição química de oito amostras estudadas, das quais cinco da diatrema Janjão, duas do Caveiras e uma do Córrego dos Sete Passos, integra a Tabela 2. As análises foram recalculadas para obtenção dos valores de  $Fe_2O_3$  em solução sólida, seguindo-se o procedimento recomendado por Carmichael (1967), de modo que foi possível calcular as proporções moleculares de geikielita ( $MgTiO_3$ ), hematita ( $Fe_2O_3$ ) e ilmenita ( $FeTiO_3$ ). Os dados acham-se reunidos na Figura 3, juntamente com valores referentes às ilmenitas de Mina de diamantes de Romaria (Svisero & Meyer 1981). Do gráfico constam também os campos para as ilmenitas dos kimberlitos em contraposição às dos lamprófiros, granitos, basaltos e carbonatitos definidos por Mitchell (1978), e o grande campo composicional das ilmenitas dos carbonatitos de Jacupiranga segundo Gaspar & Wyllie (1983).

Conforme evidencia o exame desse gráfico, as ilmenitas de Lages situam-se no interior do campo dos kimberlitos definido antes por Mitchell (1978), apresentando valores de  $MgO$  mais típicos das ilmenitas magnéticas, mas sem alcançar os valores de  $Fe_2O_3$  comuns a esse agrupamento. Já as ilmenitas que acompanham os diamantes de Romaria, analisadas por Svisero & Meyer (1981) localizam-se no campo das ilmenitas com alto  $MgO$  e baixo  $Fe_2O_3$ .

O campo das ilmenitas dos carbonatitos se superpõe parcialmente ao dos kimberlitos, chegando mesmo a englobar a maioria das ilmenitas de Romaria. Todavia, dois outros critérios permitiriam a distinção entre esses materiais: as ilmenitas dos kimberlitos são em geral cromíferas com valores de  $Cr_2O_3$  entre 0,1 a 5% (Mitchell 1979, Svisero & Meyer 1981), e pobres em  $MnO$  com teores que raramente ultrapassam 1% (proporção molecular) ou 0,5% (peso). Já nos carbonatitos, o comportamento seria inverso de vez que as concentrações de  $Cr_2O_3$  seriam geralmente menores que 0,1% e as de  $MnO$  maiores que 3%. Na Tabela 2 nota-se que as ilmenitas de Lages distinguem-se das dos carbonatitos por seus teores de  $MnO$ , cujo valor máximo é de 0,34%, mas deixam de exibir conteúdos elevados de  $Cr_2O_3$  que as caracterizariam como indubitavelmente kimberlíticas, segundo os critérios apontados, o que ocorre com as ilmenitas de Romaria (Svisero & Meyer 1981), por exemplo.

**PIROXÉNIOS** - das brechas estudadas, foram selecionados para análise oito grãos de piroxênio verde escuro (PxE) e quatro de piroxênio verde claro (PxC), conforme análises na Tabela 3.

Os clinopiroxênios escuros são fragmentos de megacristais cujo diâmetro maior pode atingir até 5 cm; já os claros possuem diâmetro inferior a 1 cm, aparecendo principalmente nos concentrados de baetia, mostrando via de regra cor verde-gramado característica dos cromodiopsídios de kimberlitos (Bardet 1973).

Frantsesson (1970) chamou a atenção para a ocorrência de três variedades genéticas de clinopiroxênios nos kimberlitos: os que resultam da fragmentação dos xenólitos ultrabásicos com piropo; os que formam intercrescimentos com a ilmenita, e por último, os micrólitos de clinopiroxênio na matriz do kimberlito. Enquanto os dois primeiros tipos vêm sendo estudados com relativa frequência (Meyer 1977, Garrison & Taylor 1981), os clinopiroxênios da matriz dos kimberlitos têm recebido menor atenção.

Dawson et al. (1977) apresentaram dados sobre diopsídios de cristalização tardia que ocorrem caracteristicamente em kimberlitos miáceos, ou seja, kimberlitos do grupo II de Dawson (1984), em contraposição à variedade mais rica em ilmenita e pobre em mica, que constitui o grupo I.

Outros piroxênios que vêm sendo investigados são os da suite MARID (mica-anfibólio-rutílio-ilmenita-diopsídio), definida por Dawson & Smith (1977). Esses piroxênios ocorrem sob a forma de nódulos que teriam se originado a partir de um magma kimberlítico em profundidade entre 100 a 150 km, menor do que aquela em que se formam os nódulos de granada lherzolitos e os intercrescimentos piroxênio-ilmenita, e maior do que aquela em que se cristalizam os diopsídios tardios da matriz.

Boyd et al. (1984) descreveram megacristais de coloração verde maçã cuja composição química se situa entre a dos piroxênios de grãos

nada lherzolitos e os da suite MARID, mostrando que na realidade existe um espectro contínuo de magmas na faixa de profundidade em que se formam os xenólitos dos kimberlitos e dos lamproítos.

A Figura 4 reune no quadrilátero dos piroxênios as variações da composição dos clinopiroxênios das brechas de Lages aqui estudadas e os campos referentes aos principais tipos não jadeíticos descritos na literatura. Observa-se que a maior parte dos piroxênios verde escuros cai no campo correspondente à suite MARID, enquanto as variedades claras se localizam na porção em que há superposição entre os piroxênios dessa suite e os da matriz dos kimberlitos micáceos, mais cálci-cos.

Os teores de  $Al_2O_3$ ,  $Cr_2O_3$ ,  $TiO_2$  e  $Na_2O$  dão também indicações importantes sobre as condições de cristalização, sendo a presença da molécula de jadeita e os teores relativamente elevados de crômio tradicionalmente considerados como evidência de formação em ambiente de pressão elevada. Já uma proporção molecular de Na maior que aquelas de  $Al+Cr$  apontaria para a presença de  $Fe^{3+}$ , ou seja, da molécula de acmita, compatível com pressões menores.

Dawson & Smith (1977) apresentaram uma comparação de teores médios para os diopsídios dos granada lherzolitos e os da suite MARID. Dawson et al. (1977) observaram que os diopsídios da matriz dos kimberlitos micáceos são semelhantes aos dessa suite, por conterem concentrações baixas de Al e Cr, e alta de Ti, além de  $Na > AlIV+Cr$ ; a única diferença residindo no conteúdo de Ca, maior nos piroxênios da matriz.

Comparando com os dados disponíveis da literatura, dois dos piroxênios claros da diatremo Janjão e a amostra da diatremo Pandolfo teriam teores de  $Cr_2O_3$  compatíveis com os da suite MARID. Os teores de  $TiO_2$ , e, em especial os de  $Al_2O_3$  mostram-se, entretanto, muito mais do que elevados, indicando condições diversas de cristalização, fato também sugerido pela provável ausência da molécula de acmita nas amostras analisadas, já que  $Na/Al+Cr < 1$ .

Em estudo estatístico semelhante ao feito por Dawson & Stephens (1975) para as granadas, Stephens & Dawson (1977) propuseram dez grupos de clinopiroxênios nos kimberlitos, levando em consideração sete óxidos:  $TiO_2$ ,  $Al_2O_3$ ,  $Cr_2O_3$ ,  $FeO$ ,  $MgO$ ,  $CaO$  e  $Na_2O$ . Uma comparação dos teores exibidos pelos piroxênios escuros e claros de Lages (Tabela 3) com os dados do referido trabalho permite situar esses minerais respectivamente, nos grupos 4 (baixo Cr-diopsídio) e 3 (Ti-Cr-diopsídio), com as ressalvas de que os teores de  $Al_2O_3$  ocupam a porção superior da faixa abrangida por cada um desses tipos, e não próximos ao valor médio. Além disso, o conteúdo de  $FeO$  dos piroxênios claros de Lages atinge 4,05% em média, contra um limite máximo de 3,79% para os investigados por Stephens & Dawson (1977).

Segundo esses autores, o grupo 4 (baixo Cr-diopsídio) é dominado por megacristais arredondados de cor verde garrafa encontrados em kimberlitos, em geral com diâmetros que podem atingir até 15 cm. Já o grupo 3 (Ti-Cr-diopsídio) acha-se constituído por piroxênios dos kimberlitos e granada lherzolitos, bem como de granada piroxenitos, sendo que no caso dos kimberlitos representariam cristais pequenos da matriz cristalizados do magma kimberlítico. Aparentemente, essas formas de ocorrência são totalmente compatíveis com as características dos piroxênios de Lages.

As comparações efetuadas possibilitam concluir também para o caso dos clinopiroxênios estudados que os mesmos são compatíveis com uma origem mantélica, quer por representarem fragmentos de nódulos formados a grande profundidade como os granada lherzolitos, quer até por derivarem de cristalização direta a partir de um magma kimberlítico relativamente enriquecido em alumínio.

OUTROS MINERAIS - cromoespinélio, titanomagnetita e zircão foram obtidos nos concentrados de bateia da diatremo Janjão, mas o número reduzido de análises químicas efetuadas até o momento não permite que se tenha uma idéia segura a respeito desses minerais. Com relação ao cromoespinélio, os dados obtidos são também compatíveis com uma origem mantélica, que poderia ser até kimberlítica, tendo em vista os teores altos de Cr e Mg, ao lado de valores baixos de Mn. A magnetita, como já foi informado, contém teores apreciáveis de titânio. Quanto ao zircão, trata-se de um mineral cuja presença em kimberlitos só é consi-

derada significativa para as ocorrências de Angola. Entre as duas amostras estudadas, foram observadas variações significativas nos teores de Feo. É possível que esse fato esteja relacionado com diferenças notadas durante a separação dos minerais dos concentrados. Nessa ocasião notamos a existência de dois tipos distintos de zircões: um formado por grãos equidimensionais e até centimétricos, muito sujos e com um grande número de fraturas internas; e um segundo tipo formado por fragmentos menores de cor amarela clara e transparência bem definida.

#### CONCLUSÕES

Os dados apresentados permitem concluir que os concentrados obtidos em diatremas de Lages, e em especial na diatremia Janjão, representam associações de origem profunda, compatível com uma derivação mantélica para as rochas portadoras desses minerais, quer sejam elas a própria matriz das diatremas, quer sejam as mesmas apenas xenólitos transportados até a superfície no processo de ascenção dessa mesma matriz.

Ao interpretar a diatremia Janjão como de origem provavelmente kimberlítica, Scheibe (1978, 1980) considerou que a massa de colarção amarela esverdeada que constitui a matriz dessa brecha, hoje formada por argilo-minerais, teria sido originalmente composta essencialmente por olivinas, e eventualmente, por flogopitas semelhantes às que ocorrem praticamente em todas as diatremas identificadas até o presente momento na região de Lages. Esse material, entretanto, apresenta-se profundamente alterado, e esse fato não permitiu definir ainda com segurança a sua verdadeira natureza original. Por outro lado, nenhum dos muitos fragmentos de silicatos analisados mostraram composições de olivina. Em outras brechas da região, como por exemplo na do Cará, foi constatada a presença de olivina tanto na forma de fenocristal como também constituindo o núcleo de "lapilli" com revestimento carbonáti-co (Scheibe 1986).

Sem uma melhor informação a respeito da matriz da diatremia Janjão, torna-se difícil tecer considerações a respeito da natureza da rocha original. Além disso, os teores relativamente elevados de  $Al_2O_3$  dos clinopiroxênios, bem como os teores relativamente baixos de  $MgO$  das ilmenitas são complicadores que estão dificultando ainda mais essa questão. Em resumo, apesar de não ser possível definir com precisão a natureza da brecha Janjão, os resultados obtidos indicam claramente que se tratam de materiais de origem mantélica.

#### AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem o apoio financeiro do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), conforme os Processos n°s 30.2407/83 de L.F. Scheibe, e 70.0316/85 de D.P. Svisero. Agradecem também a Cia Brasileira de Mineração e Metalurgia (CBMM) pelos dados de microsonda eletrônica; o garimpeiro João Lemos da Silva, o descobridor do "Kimberlito Janjão" pela ajuda prestada nos trabalhos de campo; e o Prof. Celso B. Gomes, que como orientador do primeiro autor revisou uma versão preliminar do presente trabalho.

#### BIBLIOGRAFIA

- BARDET, M.G. - 1973 - Geologie du diamant. Premiere partie: Generalités. Mémoires du BRGM, 83, 235 p.
- BOYD, F.R.; DAWSON, J.B.; SMITH, J.V. - 1984 - Grarry Smith diopside megacrysts from the kimberlites of the Kimberley area and Jagersfontein, South Africa. Geoch. Cosmoch. Acta, 48: 381-384.
- CARMICHAEL, I.S.E. - 1967 - The iron-titanium oxides of salic volcanic rocks and their associated ferromagnesian silicates. Contr. Miner. Petrol., 14: 36-64.
- DAWSON, J.B. - 1984 - Xenoliths in kimberlites: clues to the earth's upper mantle. Sci. Prog. Oxf., 69: 65-81.
- DAWSON, J.B. & SMITH, J.V. - 1977 - The MARID (mica-amphibole-rutile-

- ilmenite-diopside) suite of xenoliths in kimberlite. *Geoch. Cosmoch. Acta*, 41: 309-323.
- DAWSON, J.B.; SMITH, J.V.; HERVIG, R.L. - 1977 - Late-stage diopside in kimberlite groundmass. *N. Jb. Miner. Mh.*, 12: 529-543.
- DAWSON, J.B. & STEPHENS, W.E. - 1975 - Statistical classification of garnets from kimberlite and associated xenoliths. *J. Geol.*, 83: 589-607.
- FRANTSESSON, E.V. - 1970 - The petrology of kimberlites. Trad. D.A. Brown, Australian Nat. Univ., Camberra, 195 p.
- GASPAR, J.C. & WYLLIE, P.J. - 1983 - Ilmenite (high Mg, Mn, Nb) in the carbonatites from the Jacupiranga complex, Brazil. *Amer. Mineral.*, 68: 960-971.
- MEYER, H.O.A. - 1977 - Mineralogy of the upper mantle: a review of the minerals in mantle xenoliths from kimberlites. *Earth Sci. Rev.*, 13: 251-281.
- MITCHELL, R.H. - 1978 - Manganese magnesian ilmenite and titanian clinohumite from the Jacupiranga carbonatite, São Paulo, Brazil. *Amer. Mineral.*, 63: 544-547.
- MITCHELL, R.H. - 1979 - The alleged kimberlite-carbonatite relationship: additional contrary mineralogical evidence. *Amer. J. Sci.*, 279: 570-589.
- SCHEIBE, L.F. - 1978 - O kimberlito Janjão, Lages, Santa Catarina, Brasil. Nota Preliminar. In: Painel de Pesquisas da UFSC, Florianópolis, 1 p., (Inédito).
- SCHEIBE, L.F. - 1980 - Distrito Alcalino de Lages, SC. In: CONGR. BRAS. GEOL., 31, Camboriú, 1980. Roteiro das Excursões...Camboriú, SBG, v.3, p.25-31.
- SCHEIBE, L.F. - 1986 - Geologia e petrologia do Distrito Alcalino de Lages, SC. Tese de doutoramento, Inst. Geoc. USP, S.Paulo, 224p.
- STEPHENS, W.E. & DAWSON, J.B. - 1977 - Statistical comparison between pyroxenes from kimberlites and their associated xenoliths. *J. Geol.*, 85: 433-449.
- SVISERO, D.P. - 1979 - Piropos cromíferos da Mina de diamantes de Romaria: composição química e origem. *Bol. Mineral.*, 6: 7-14.
- SVISERO, D.P. - 1987 - Relatórios internos enviados ao CNPq e FAPESP, 20 p.
- SVISERO, D.P.; HARALYI, N.L.E.; SCHEIBE, L.F. - 1985 - Magnetometria, radiometria e gamaespectrometria na diatremo Janjão, Lages, SC. In: SIMP. SUL-BRAS. GEOL., 2, Florianópolis, 1985. Atas..., Florianópolis, SBG. v.1, p.261-272.
- SVISERO, D.P. & MEYER, H.O.A. - 1981 - Ilmenitas kimberlíticas da Mina de diamantes de Romaria, MG. *Rev. Bras. Geoc.*, 11: 217-221.
- SVISERO, D.P.; MEYER, H.O.A.; HARALYI, N.L.E.; HASUI, Y. - 1984 - A note on the geology of some Brazilian kimberlites. *J. Geol.*, 92: 331-338.

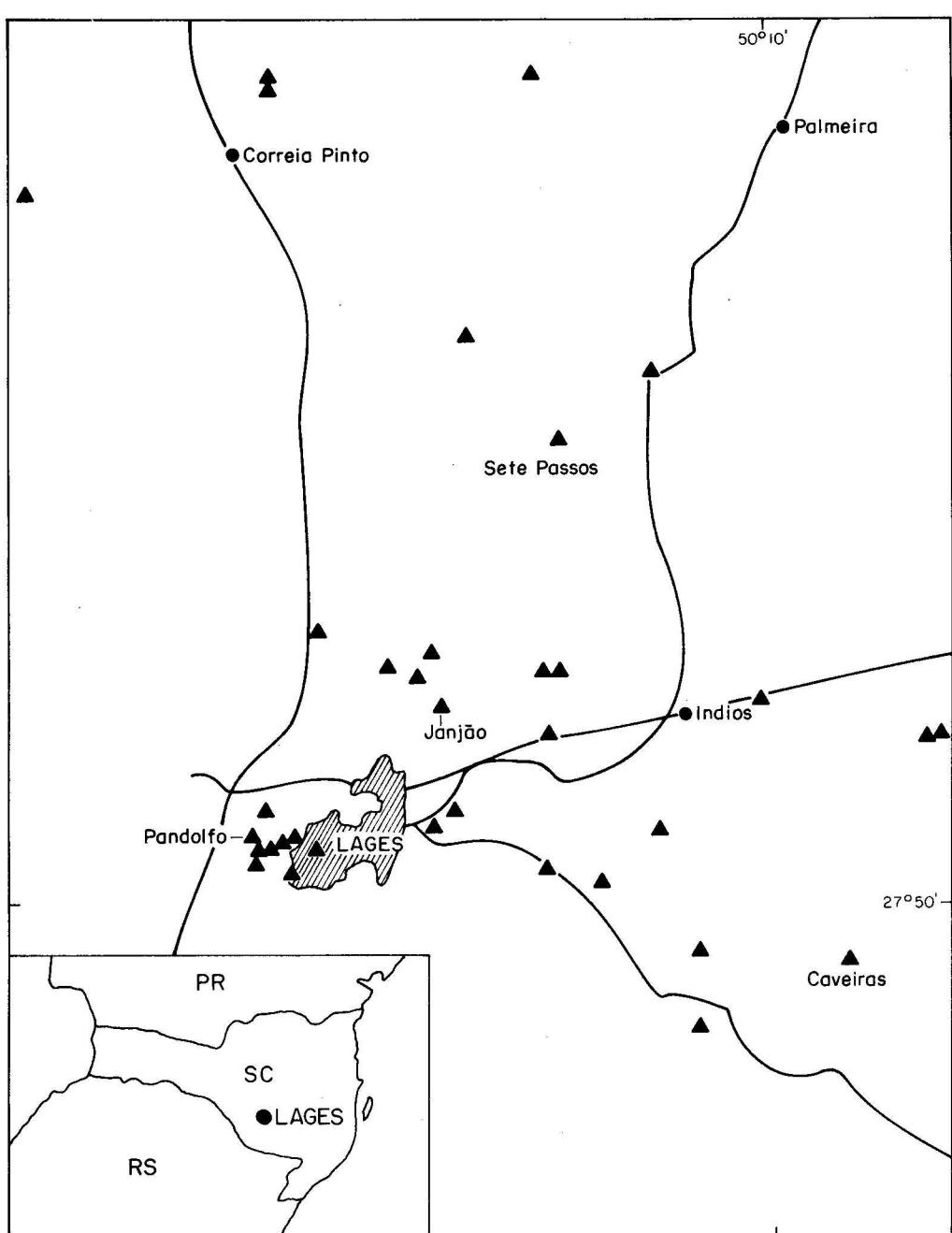


Figura 1 - Localização geográfica das diatremas Janjão, Pandolfo, Caveiras e Sete Passos, portadoras de minerais de origem mantélica.

TABELA 1 - COMPOSIÇÃO DE GRANADAS DA DIATREMIA JANJÃO E DE OUTRAS BRECHAS DA REGIÃO DE LAGES, SC.

|                                | GR-XIII-2 | GR-XIII-4 | GR-XIII-5 | GR-XXVII | GR-V  | GR-XIX | GR-XXII-A | GR-XIII-B | GR-XIII-C |
|--------------------------------|-----------|-----------|-----------|----------|-------|--------|-----------|-----------|-----------|
| SiO <sub>2</sub>               | 42,36     | 42,22     | 42,29     | 42,00    | 41,89 | 42,10  | 42,82     | 42,74     | 42,40     |
| TiO <sub>2</sub>               | 0,20      | 0,23      | 0,22      | 0,23     | 0,18  | 0,23   | 0,22      | 0,20      | 0,22      |
| Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | 23,18     | 23,07     | 23,20     | 22,86    | 23,06 | 23,38  | 22,81     | 23,51     | 23,27     |
| Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | 1,00      | 1,07      | 0,65      | 1,06     | 1,05  | 0,67   | 1,30      | 1,53      | 1,42      |
| FeO*                           | 7,13      | 6,83      | 6,68      | 6,96     | 7,43  | 6,59   | 8,04      | 7,71      | 7,49      |
| MnO                            | 0,28      | 0,33      | 0,27      | 0,31     | 0,45  | 0,35   | 0,22      | 0,20      | 0,23      |
| MgO                            | 21,80     | 22,13     | 21,37     | 21,89    | 20,95 | 20,35  | 20,58     | 20,89     | 20,99     |
| CaO                            | 4,89      | 4,55      | 4,90      | 4,93     | 4,76  | 5,07   | 5,21      | 5,25      | 5,19      |
| TOTAL                          | 100,84    | 100,43    | 99,58     | 100,24   | 99,77 | 98,74  | 101,20    | 102,03    | 101,22    |

FÓRMULA ESTRUTURAL NA BASE DE 12 OXIGÉNIOS

|           |        |        |        |        |        |        |        |        |        |
|-----------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| Si        | 2,9749 | 2,9679 | 2,9918 | 2,9661 | 2,9746 | 3,0084 | 3,0046 | 2,9725 | 2,9706 |
| Ti        | 0,0106 | 0,0121 | 0,0117 | 0,0123 | 0,0096 | 0,0125 | 0,0116 | 0,0104 | 0,0122 |
| Al        | 1,9194 | 1,9119 | 1,9350 | 1,9030 | 1,9304 | 1,9698 | 1,8870 | 1,9274 | 1,9221 |
| Cr        | 0,0557 | 0,0594 | 0,0363 | 0,0591 | 0,0589 | 0,0378 | 0,0722 | 0,0841 | 0,0786 |
| Fe*       | 0,4189 | 0,4017 | 0,3953 | 0,4412 | 0,4412 | 0,3938 | 0,4718 | 0,4484 | 0,4387 |
| Mn        | 0,0165 | 0,0199 | 0,0162 | 0,0187 | 0,0269 | 0,0210 | 0,0131 | 0,0117 | 0,0135 |
| Mg        | 2,2819 | 2,3187 | 2,2530 | 2,3037 | 2,2172 | 2,1672 | 2,1521 | 2,1652 | 2,1918 |
| Ca        | 0,3680 | 0,3426 | 0,3715 | 0,3730 | 0,3623 | 0,3646 | 0,3917 | 0,3912 | 0,3894 |
| Σ Cations | 8,0459 | 8,0342 | 8,0108 | 8,0471 | 8,0211 | 7,9751 | 8,0041 | 8,0109 | 8,0169 |

\*Ferro total calculado como FeO  
 XIII - Janjão; XXVII - Caveiras; V - Sete Passos; XIX - Pandolfo.

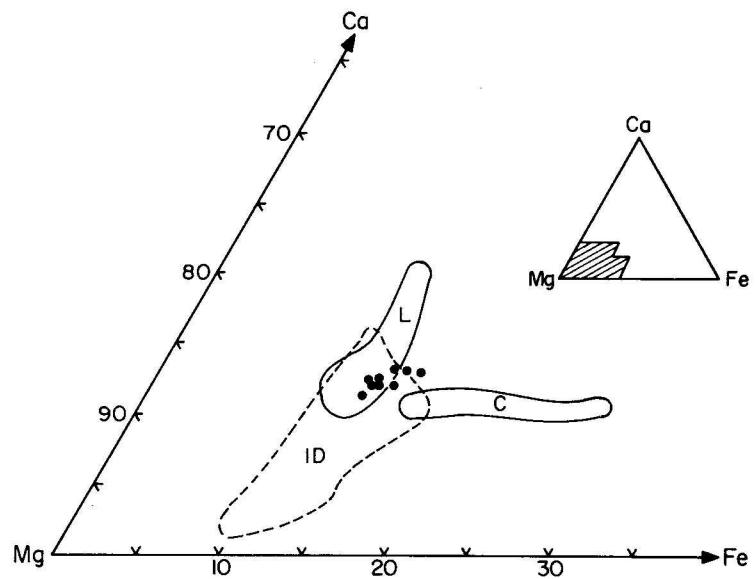


Figura 2 - Variação da composição de granadas de brechas de Lages, SC., comparadas com granadas de xenólitos de lherzolitos (L), megacristais (C), e inclusões em diamantes naturais. Os campos correspondentes usados no gráfico foram extraídos de Meyer (1977) e Mitchell (1978).

TABELA 2 - COMPOSIÇÃO DE ILMENITAS DA DIATREMA JANJÃO E DE OUTRAS BRECHAS DA REGIÃO DE LAGES, SC.

|                                | IL-XIII-2 | IL-XIII-4 | IL-XIII-5 | IL-XXVII-6 | IL-XXVII-7 | IL-V  | IL-XIII-A | IL-XIII-B |
|--------------------------------|-----------|-----------|-----------|------------|------------|-------|-----------|-----------|
| TiO <sub>2</sub>               | 41,68     | 41,50     | 42,14     | 42,37      | 42,59      | 44,99 | 42,09     | 41,94     |
| Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | 0,00      | 0,02      | 0,02      | 0,08       | 0,05       | 0,03  | 0,04      | 0,03      |
| FeO*                           | 51,47     | 51,25     | 50,57     | 49,25      | 49,37      | 46,60 | 52,50     | 52,30     |
| MnO                            | 0,33      | 0,32      | 0,33      | 0,31       | 0,28       | 0,34  | 0,33      | 0,29      |
| MgO                            | 3,18      | 3,16      | 3,39      | 4,18       | 3,82       | 4,91  | 2,65      | 3,06      |
| TOTAL                          | 96,67     | 96,25     | 96,45     | 96,18      | 96,11      | 96,87 | 97,61     | 97,62     |

ANÁLISE RECALCULADA (CF. CARMICHAEL, 1967)

|                                | Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | 22,5  | 21,5  | 21,3  | 20,6  | 17,0  | 22,1   | 22,8   |
|--------------------------------|--------------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|--------|--------|
| FeO                            | 31,8                           | 31,7  | 31,9  | 30,7  | 31,5  | 31,7  | 33,1   | 32,3   |
| TOTAL                          | 99,49                          | 99,20 | 99,28 | 98,94 | 98,84 | 98,97 | 100,31 | 100,42 |
| PROPORÇÃO MOLECULAR            |                                |       |       |       |       |       |        |        |
| MgTiO <sub>3</sub>             |                                |       |       |       |       |       |        |        |
| MgTiO <sub>3</sub>             | 11,7                           | 11,7  | 12,5  | 15,4  | 14,1  | 18,0  | 9,7    | 11,2   |
| FeTiO <sub>3</sub>             | 65,7                           | 65,8  | 66,0  | 63,3  | 65,3  | 65,0  | 68,2   | 66,0   |
| Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | 22,6                           | 22,5  | 21,5  | 21,3  | 20,6  | 17,0  | 22,1   | 22,8   |

\*Ferro total calculado como FeO.

XIII - Janjão; XXVII - Caveiras; V - Sete Passos.

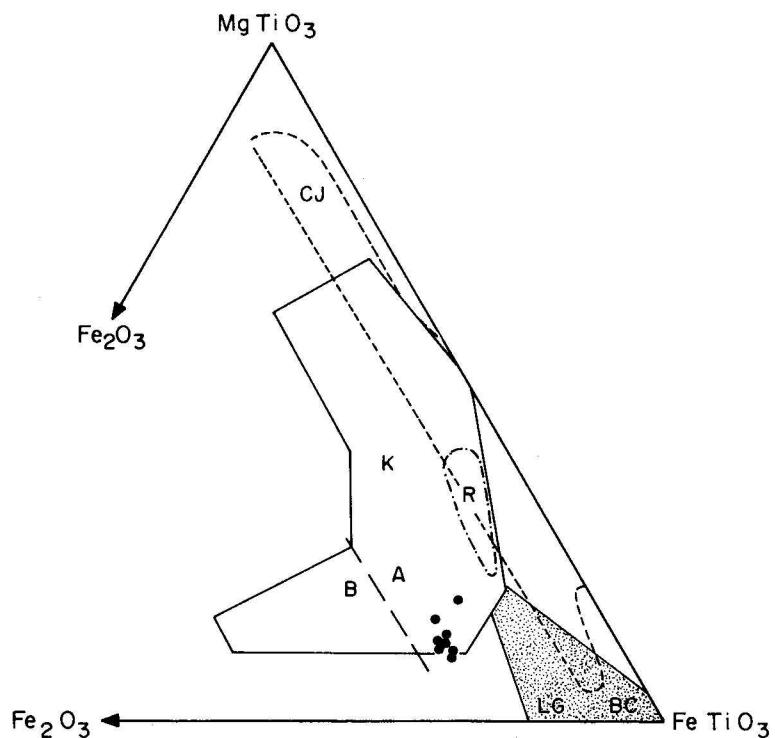


Figura 3 - Composição de ilmenitas de brechas de Lages, SC., expressas como porcentagens moleculares de hematita-geikielite-ilmenita. Os campos referentes às ilmenitas de kimberlitos (K), e dos lamprófiros, granitos, basaltos e carbonatitos (LG BC) foram extraídos de Mitchell (1978); o dos carbonatitos de Jacupiranga de Gaspar & Wyllie (1983), e o da Mina de diamantes de Romaria de Svisero (1979). A figura mostra ainda o campo das ilmenitas fracamente ou não magnéticas (A), e o campo das ilmenitas magnéticas (B) extraídos de Haggerty (1975).

TABELA 3 - COMPOSIÇÃO DE CLINOPIROXENIOS DA DIATREMA JANJÃO E DE OUTRAS BRECHAS DA REGIÃO DE LAGES, SC

|                                | PxEXIII-2 | PxEXIII-3 | PxEXIII-4 | PxEXIII-5 | PxEXVII-6 | PxEXVII-7 | PxE V | PxEXIX | PxCXIII-2 | PxCXIII-4 | PxCXIII-5 | PxCXIX |
|--------------------------------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-------|--------|-----------|-----------|-----------|--------|
| SiO <sub>2</sub>               | 51,98     | 51,93     | 50,20     | 49,31     | 50,08     | 50,67     | 50,70 | 51,15  | 49,72     | 50,39     | 48,72     | 48,29  |
| TiO <sub>2</sub>               | 0,68      | 0,64      | 0,83      | 0,95      | 0,72      | 0,67      | 0,45  | 0,59   | 0,53      | 0,44      | 0,72      | 0,70   |
| Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | 5,91      | 5,94      | 6,78      | 7,08      | 6,76      | 6,01      | 6,13  | 5,36   | 5,42      | 3,81      | 6,04      | 5,82   |
| Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | 0,09      | 0,11      | 0,07      | 0,07      | 0,49      | 0,15      | 1,03  | 0,12   | 0,69      | 0,03      | 0,73      | 0,98   |
| FeO*                           | 5,29      | 4,82      | 5,61      | 5,88      | 4,51      | 4,62      | 3,12  | 5,14   | 4,21      | 4,50      | 4,47      | 3,47   |
| MgO                            | 15,21     | 16,27     | 14,64     | 13,77     | 15,49     | 16,51     | 16,14 | 16,43  | 15,93     | 16,46     | 15,66     | 15,21  |
| CaO                            | 19,80     | 19,46     | 19,81     | 20,04     | 20,80     | 20,10     | 20,26 | 19,78  | 19,37     | 20,44     | 19,27     | 21,62  |
| Na <sub>2</sub> O              | 1,50      | 1,36      | 1,66      | 1,73      | 1,22      | 1,18      | 1,35  | 1,30   | 1,34      | 1,09      | 1,58      | 1,18   |
| TOTAL                          | 100,46    | 100,53    | 99,60     | 99,43     | 100,07    | 99,91     | 99,18 | 99,87  | 97,21     | 97,19     | 97,19     | 97,27  |

## FÓRMULA ESTRUTURAL NA BASE DE 6 OXIGENTOS

|           |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |
|-----------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| Si        | 1,887 | 1,879 | 1,847 | 1,844 | 1,821 | 1,850 | 1,856 | 1,871 | 1,865 | 1,896 | 1,835 | 1,823 |
| Ti        | 0,019 | 0,017 | 0,023 | 0,026 | 0,020 | 0,020 | 0,014 | 0,016 | 0,015 | 0,012 | 0,020 | 0,020 |
| Al        | 0,253 | 0,252 | 0,294 | 0,308 | 0,295 | 0,259 | 0,264 | 0,233 | 0,240 | 0,169 | 0,268 | 0,259 |
| Cr        | 0,002 | 0,003 | 0,002 | 0,002 | 0,015 | 0,006 | 0,029 | 0,003 | 0,044 | 0,001 | 0,022 | 0,029 |
| Fe        | 0,161 | 0,146 | 0,173 | 0,182 | 0,139 | 0,140 | 0,095 | 0,156 | 0,132 | 0,142 | 0,141 | 0,109 |
| Mg        | 0,823 | 0,877 | 0,803 | 0,758 | 0,850 | 0,897 | 0,878 | 0,894 | 0,891 | 0,923 | 0,879 | 0,855 |
| Ca        | 0,770 | 0,754 | 0,781 | 0,793 | 0,821 | 0,785 | 0,796 | 0,775 | 0,778 | 0,824 | 0,777 | 0,882 |
| Na        | 0,106 | 0,095 | 0,118 | 0,124 | 0,084 | 0,083 | 0,101 | 0,092 | 0,097 | 0,080 | 0,115 | 0,086 |
| Σ Cátions | 4,021 | 4,023 | 4,041 | 4,037 | 4,045 | 4,040 | 4,033 | 4,040 | 4,062 | 4,047 | 4,057 | 4,063 |

\* Ferro total calculado como FeO.

XIII - Janjão; XXVII - Caveiras; V - Sete Passos; XIX - Pandolfo.

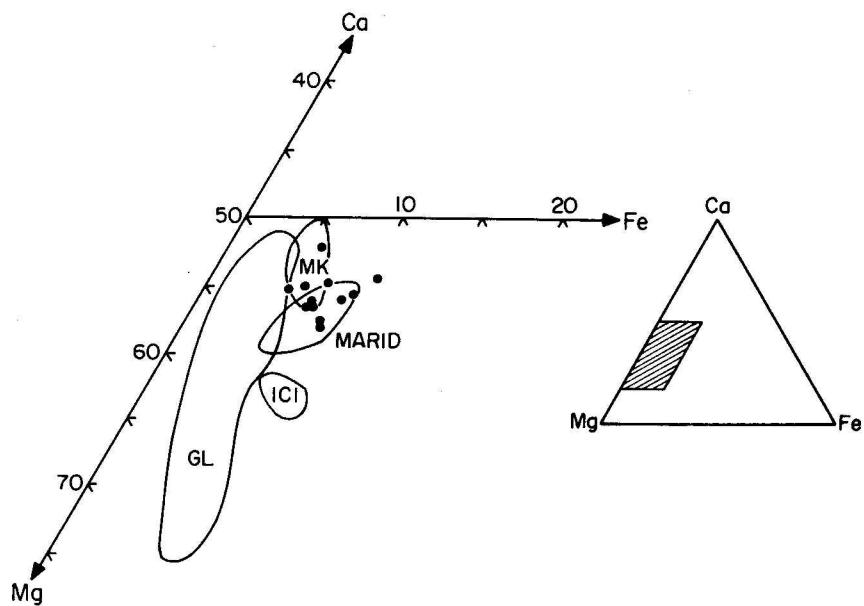


Figura 4 - Variação da composição de clinopiroxênios de brechas de Lages, SC., comparada com clinopiroxênios de granada lherzolitos (GL) e da suite MARID segundo dados de Dawson & Smith (1977) e Dawson et al. (1977), de diópsidos da matriz de kimberlitos (MK) e de intercrescimentos clinopiroxênio-ilmenita segundo dados de Dawson & Smith (1977) e Garrison & Taylor (1981).